МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет фізико-математичної та природничої освіти
Кафедра біології та хімії

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**освітній ступінь бакалавр**

на тему: **ВИКОРИСТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ (*IN VITRO*) У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ БІОЛОГІЇ**

Виконала: студентка VI курсу, з-41 групи
Боднюк Катерина Володимирівна
Освітня програма Середня освіта (Біологія та здоров'я людини. Хімія)
Спеціальності 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини. Хімія)
Керівник: к.с.-г.н., доц. Поліщук Т.В.
Рецензент: к.геогр. н., доц. Безлатня Л.О.

Умань–2026

# ЗМІСТ

Вступ ……... 3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ *IN VITRO*…… 6
1.1. Сутність та основні поняття біотехнологічних методів *in vitro*…… 6
1.2. Значення методів *in vitro* у сучасній науці та практиці ……..8
1.3. Застосування методів *in vitro* у сучасній Україні в умовах воєнного впливу……..... 11
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ *IN VITRO* У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ БІОЛОГІЇ……... 15
2.1. Компетентнісний підхід у викладанні теми біотехнологічних методів *in vitro* ……15
2.2. Використання STEM-підходу під час вивчення біотехнологічних методів *in vitro* у 6-9 класах та методика проведення уроку в 9 класі ……..16
2.3. Формування дослідницьких компетентностей, етичні аспекти та практичні рекомендації для вчителя ……..27

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ……...…..30
3.1. Організація педагогічного дослідження ……. 30
3.1.1. Аналіз результатів навчальної діяльності учнів ……. 33
3.2. Роль вчителя та методичні рекомендації ……....32
3.3. Проблеми та перспективи розвитку біотехнологічних компетентностей…….…… 38
3.4. Узагальнення результатів дослідження та перспективи розвитку……41
3.4.1 Практичне значення отриманих результатів та перспективи подальших досліджень…..……42
ВИСНОВОКИ..……..41
Додатки..…….48
Список використаних джерел ……... 44

# ВСТУП

Сучасний етап розвитку біологічної науки характеризується стрімким розвитком біотехнологій, зокрема методів культивування клітин і тканин *in vitro.* Біотехнологічні методи широко застосовуються у сільському господарстві, медицині, фармації, селекції та генетичних дослідженнях. Вони дозволяють отримувати безвірусний посадковий матеріал, зберігати рідкісні види рослин, створювати нові сорти та гібриди, а також проводити фундаментальні наукові дослідження [1]. У зв'язку з цим зростає потреба у формуванні в учнів цілісного уявлення про сучасні досягнення науки і їх практичне значення. Важливим завданням школи є впровадження сучасних досягнень науки у шкільний курс біології, а також формування в учнів уявлень про біотехнологічні процеси, що сприяє розвитку наукового мислення, професійної орієнтації. Проте питання методичного забезпечення викладання тем, пов'язаних із біотехнологічними методами *in vitro*, у закладах загальної середньої освіти потребує подальшого дослідження та удосконалення. Важливим завданням школи є не лише передача теоретичних знань, а й розвиток дослідницьких умінь, критичного мислення та здатності застосовувати отриманні знання на практиці. Особливої актуальності тема набуває в умовах складної екологічної ситуації в Україні [51]. Воєнні дії, техногенні впливи та забруднення навколишнього середовища призвели до пошкодження значних площ лісів, сільськогосподарських угідь та природніх екосистем. Методи *in vitro* відкривають перспективи швидкого розмноження рослин, збереження рідкісних видів та відновлення рослинності у постраждалих регіонах [44]. Таким чином, ознайомлення учнів із можливостями сучасних біотехнологій має не лише освітнє, а й соціально значуще значення.

Разом із тим, у шкільній практиці питання використання біотехнологічних методів часто обмежуються теоретичним розглядом без достатнього методичного забезпечення. Це зумовлює необхідність розробки

ефективної методики викладання теми, яка поєднувала б теоретичні знання, практичні завдання та формування відповідного ставлення до науки і природи.

Отже, актуальність теми дослідження зумовлена необхідною потребою в інтеграції сучасних біотехнологічних досягнень у шкільний курс біології, формування дослідницьких компетентностей учнів та пошуку методичних підходів та розроблення ефективних методик до викладання теми *in vitro*.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити ефективність методики використання біотехнологічних методів *in vitro* у шкільному курсі біології для формування дослідницьких компетентностей учнів.

**Завдання дослідження:**

1. Теоретично проаналізувати сутність біотехнологічних методів *in vitro* обґрунтувати їх значення для сучасної науки й практичної діяльності в Україні, зокрема в контексті відновлення екосистем у повоєнний період .

2. Розробити методику викладання теми з використанням STEM-підходів, створити дидактичні матеріали (тести, завдання, рекомендації), враховуючи проблеми формування біотехнологічних компетентностей школярів.

3. Провести педагогічний експеримент та перевірити ефективність запропонованої методики, проаналізувати результати та розробити практичні рекомендації задля вдосконалення викладання біотехнологічних методів у закладах загальної середньої освіти.

**Об’єкт дослідження** – процес навчання біології та формування природничо-наукової грамотності учнів в закладах загальної середньої освіти.

**Предмет дослідження** – методика використання біотехнологічних методів *in vitro* (зокрема STEM-проєктів та дослідницьких завдань) у закладах середньої освіти у шкільному курсі біології.

**Методи дослідження:**

1. Аналіз та узагальнення наукової літератури.
2. Педагогічне спостереження.
3. Педагогічний експеримент.
4. Тестування.
5. Порівняльний аналіз результатів.
6. Статистична обробка даних.

**Наукова новизна.** Удосконалено методику викладання біотехнології шляхом інтеграції актуального екологічного контексту (відновлення флори України після воєнних дій) та використання елементів STEM-освіти.

Практичне значення полягає у можливості використання розроблених методичних матеріалів у навчальному процесі закладів загальної середньої освіти (багаторівневі тести, плани-схеми STEM-проєктів), а також у підготовці майбутніх учителів біології.

**Апробація результатів дослідження.** Матеріали кваліфікаційної роботи неодноразово доповідалися та обговорювалися під час роботи наукового гуртка «Біотехнологія рослин», семінарах та науково-методичних засіданнях кафедри біології та хімії.

**Публікації.** Основні положення та результати дослідження апробовані та опубліковані: Боднюк К. В. Теоретико-методичні засади вивчення біотехнологічних методів *in vitro* у шкільному курсі біології. *Природничі науки в системі освіти. Матеріалів Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Умань, 5 травня, 2026 р.).* Умань, 2026. С. 105-106.

**Структура роботи.** Кваліфікаційна робота викладена на 52 сторінках комп’ютерного тексту. Включає три розділи, висновки. Містить три таблиці та чотири ресунки. У списку використаних літературних джерел 62 найменувань.

# РОЗДІЛ 1
# ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ *IN VITRO*

## 1.1. Сутність та основні поняття біотехнології та біотехнологічних методів *in vitro*

Біотехнологія є однією з найбільш динамічних галузей сучасної науки, що поєднує досягнення біології, хімії, генетики та інженерії (рис. 1). Термін «біотехнологія» вперше запропонував угорський інженер Карл Ерекі у 1919 році для опису процесів інтенсивного виробництва продукції за допомогою живих організмів [59]. Водночас біотехнологічні процеси беруть свій початок ще з глибокої давнини (приблизно 8000–9000 рр. до н. е.), коли людство на основі процесів бродіння й ферментації опанувало хлібопечення, пивоваріння, виноробство та виготовлення кисломолочних продуктів і сирів [4]. Іншим традиційним напрямом була первинна селекція рослин і тварин, яка полягала у відборі найкращих форм для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, а також стійкості організмів до хвороб і несприятливих факторів довкілля [3, 36].

Термін *in vitro* (з латини – «у склі») означає проведення біологічних процесів у лабораторних умовах, зазвичай у пробірках або спеціальних контейнерах [5, 25]. На відміну від досліджень *in vivo*, що здійснюються безпосередньо в живому організмі, методи *in vitro* дають можливість контролювати умови середовища та регулювати фактори, що впливають на ріст і розвиток клітин [39].

Науковою основою методів *in vitro* є явище тотипотентності – здатності рослинної клітини за певних умов відновлювати повноцінний організм. Це явище забезпечує можливість регенерації рослин із окремих клітин або фрагментів тканин (експлантів) [42]. У процесі культивування клітини можуть утворювати калус – недиференційовану клітинну масу, з якої згодом

формуються органи або ціла рослина. Перші успішні спроби культивування ізольованих рослинних тканин були здійснені на початку XX століття, але лише з удосконаленням поживних середовищ і методів стерилізації стало можливим отримання стабільних культур клітин [28, 30]. Значний внесок у розвиток цього напряму зробив Кунах [24], який досліджував можливість регенерації рослин із окремих клітин та уточнював роль гормонального балансу середовища. Процес культивування клітин і тканин включає декілька основних етапів: вибір експланта, його стерилізацію, поміщення на поживне середовище, формування калусу та регенерацію органів [19]. Успішність процесу залежить від дотримання стерильності, складу поживного середовища, температурного режиму та освітлення. Співвідношення фітогормонів визначає напрям диференціації клітин: перевага ауксинів стимулює коренеутворення, підвищена концентрація цитокінінів – формування пагонів [17]. Дослідження Кунаха показали, що правильне співвідношення фітогормонів є ключовим для успішної регенерації рослини [27].

Методи *in vitro* широко використовуються для мікроклонального розмноження рослин, збереження рідкісних видів, отримання безвірусного посадкового матеріалу та створення нових сортів, ягідних та декоративних культур [53, 56, 58]. Таким чином, вони мають важливе значення як для науки, так і для практичної діяльності людини. Варто зазначити, що становлення методів *in vitro* пов’язане з розвитком клітинної теорії та експериментальної ботаніки [21, 60, 61]. Значний внесок у розвиток цього напряму зробили вчені, одним з них був М. Кунах, а також інші які довели можливість регенерації повноцінної рослини з окремої клітини за умови відповідного гормонального балансу середовища [26]. У 1930–1950-х роках методи *in vitro* удосконалювалися різними вченими для медицини, зокрема у галузі мікробіології, де значний внесок зробив видатний Роберт Кох, зокрема для розмноження бактерій та тканин тварин. Після 1960-х років цей метод активно застосовується у сільському господарстві для масового розмноження

рослин, збереження рідкісних видів і відновлення флори після забруднень та негативного впливу людини [18, 54, 62].

Основою успішного культивування є правильно підібране поживне середовище, яке містить макро- та мікроелементи, вітаміни, амінокислоти, регулятори росту (ауксини та цитокініни), а також джерело вуглецю – зазвичай сахарозу [34]. Співвідношення фітогормонів визначає напрям диференціації клітин: перевага ауксинів стимулює коренеутворення, тоді як підвищена концентрація цитокінінів сприяє формуванню пагонів [35]. Окремим напрямом є мікроклональне розмноження рослин, яке дозволяє отримувати велику кількість генетично ідентичних особин за короткий термін [18]. Цей метод особливо цінний для збереження сортових властивостей культурних рослин [18, 24]. Крім того, культивування *in vitro* використовується для отримання безвірусного посадкового матеріалу, що має велике значення для сільського господарства [12].

Важливо підкреслити, що методи *in vitro* застосовуються не лише в рослинній біотехнології. У медичній сфері вони використовуються для дослідження клітинних механізмів, тестування лікарських препаратів, вивчення процесів регенерації тканин та створення клітинних моделей захворювань [8, 22, 43]. Це свідчить про міждисциплінарний характер біотехнологічних досліджень. З педагогічної точки зору, вивчення методів *in vitro* сприяє формуванню в учнів наукового світогляду, розуміння сучасних досягнень біології та розвитку дослідницьких умінь [15, 32]. Ознайомлення з такими технологіями дозволяє пов’язати шкільний курс біології з реальними науковими досягненнями та практичними потребами суспільства [9].

Таким чином, методи *in vitro* є важливою складовою сучасної біотехнології, що поєднує фундаментальні наукові положення клітинної біології з прикладними аспектами сільського господарства, медицини та екології.

### 1.2. Значення методів *in vitro* у сучасній науці та практиці

На сучасному етапі розвитку науки біотехнологічні методи *in vitro* набули широкого застосування в різних галузях – від сільського господарства до медицини та екології [13]. Їх універсальність полягає у можливості точного контролю умов культивування клітин, що забезпечує прогнозованість та відтворюваність результатів [24, 25, 26].

У рослинництві методи *in vitro* є основою мікроклонального розмноження, що дозволяє швидко отримувати велику кількість генетично однорідного посадкового матеріалу. Це особливо важливо для вирощування цінних сортів плодових, ягідних та декоративних культур [18]. Крім того, технологія використовується для оздоровлення рослин від вірусних інфекцій шляхом культивування меристем [34, 35]. В умовах глобальних екологічних викликів важливим напрямом є збереження біорізноманіття. Культивування тканин *in vitro* дозволяє зберігати рідкісні та зникаючі види рослин у спеціальних колекціях, а також відновлювати їх природні популяції [6, 53]. Такі підходи активно використовуються у ботанічних садах і науково-дослідних установах.

У медичній біотехнології методи *in vitro* застосовуються для дослідження клітинних процесів, тестування лікарських препаратів, створення вакцин та вивчення механізмів розвитку захворювань [8]. Клітинні культури, як стверджують Товкач Ю. В. та Корсак О. В., дають можливість моделювати патологічні процеси без безпосереднього втручання в організм людини, що мінімізує біоетичні ризики та оптимізує доклінічні випробування [50].

Окреме значення має застосування клітинних технологій у репродуктивній медицині, зокрема процедура екстракорпорального запліднення, яка здійснюється в умовах лабораторії та культивування преімплантаційних ембріонів, яка здійснюється в контрольованих умовах ембріологічної лабораторії [10, 54]. Розвиток цих методів дозволяє вирішувати складні проблеми репродуктивного здоров’я та забезпечує прогрес у галузі сучасної клінічної медицини.

З освітньої точки зору, ознайомлення учнів із сучасними біотехнологічними досягненнями сприяє формуванню в них наукової грамотності, критичного мислення та розуміння ролі біології в розвитку суспільства [11]. Включення елементів теми *in vitro* до шкільного курсу дозволяє реалізувати компетентнісний підхід та підвищити мотивацію до вивчення предмета [11, 15]. В умовах розвитку Нової української школи та розвитку STEM-освіти інтеграція біотехнологічних знань забезпечує міцні міжпредметні зв'язкам між біологією, хімією, фізикою та технологіями, що відповідає сучасним освітнім тенденціям [9, 10]. Таким чином, методи *in vitro* мають значний науковий, практичний та освітній потенціал, що зумовлює доцільність їх вивчення у шкільному курсі біології [32].

На рисунку 1.1 зображено основні наукові напрямки, що входять до біотехнології та взаємодіють між собою.

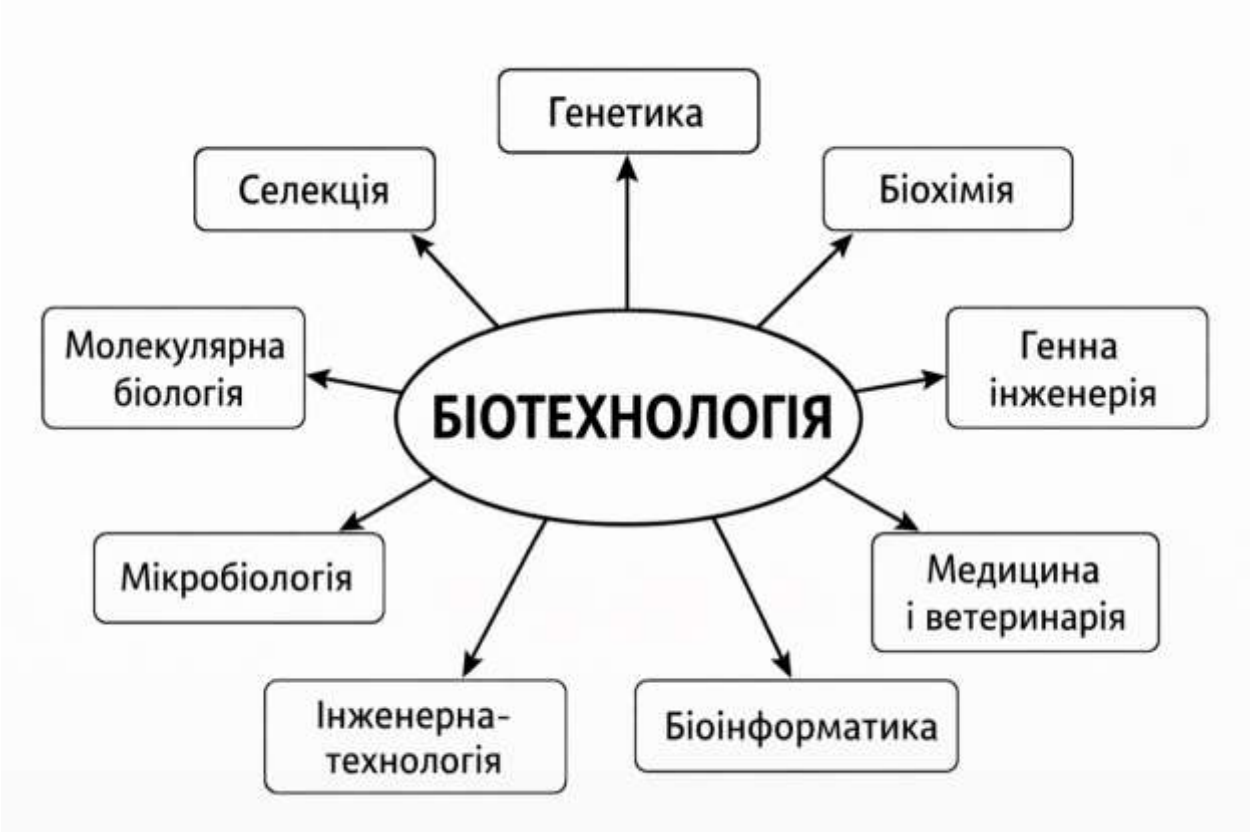



**Рисунок 1.1. Інтеграція різних наукових галузей у біотехнології**

Рисунок 1.1 ілюструє основні наукові галузі, що формують біотехнологію. У центрі розташовано поняття «Біотехнологія», від якого відходять стрілки до ключових наукових галузей, що формують її основу [2]. Серед дисциплін, включених до біотехнології, показані:

1. Молекулярна біологія – досліджує молекулярні механізми життєдіяльності клітин;
2. Мікробіологія – вивчає мікроорганізми та їх застосування в біотехнології [7];
3. Біоінформатика – забезпечує обробку та аналіз даних;
4. Генна інженерія – дозволяє модифікувати генетичний матеріал для отримання цінних продуктів;
5. Біохімія – вивчає хімічні процеси та складові живих організмів, які застосовуються у біотехнологічних процесах;
6. Генетика, медицина та ветеринарія, інженерно-технологічні науки забезпечують знання і технології для практичних застосувань у виробництві, медицині та сільському господарстві [16, 54].

Таким чином, малюнок наочно демонструє інтеграційний характер біотехнології, де різні наукові галузі взаємодіють для розвитку сучасних технологій та прикладних досліджень.

## 1.3. Застосування методів *in vitro* у сучасній Україні в умовах воєнного впливу

Повномасштабна війна спричинила значні екологічні втрати на території України, що негативно позначилося на стані флори та природних екосистем [14]. Внаслідок активних бойових дій відбувається масове знищення лісових масивів, унікальних степових територій, заповідних зон, а також глибока деградація ґрунтів через вибухи, пожежі й забруднення важкими металами та токсичними залишками боєприпасів [51]. Порушення природних екосистем призводить до зменшення біорізноманіття, втрати

рідкісних та ендемічних видів рослин [20, 29, 55].

Особливої шкоди зазнають: лісові насадження внаслідок пожеж та механічного руйнування; сільськогосподарські угіддя через забруднення та мінування територій; природно-заповідні об’єкти, де відновлення рослинності є ускладненим природним шляхом [20, 40, 53].

У таких умовах методи *in vitro* набувають особливої актуальності. Біотехнологічні лабораторії дозволяють: зберігати генофонд рослин шляхом культивування клітин і тканин у стерильних умовах; швидко розмножувати посадковий матеріал для відновлення знищених або пошкоджених насаджень; відтворювати рідкісні та зникаючі види, що постраждали внаслідок воєнних дій; досліджувати стійкість рослин до стресових факторів, зокрема забруднення ґрунтів і змін кліматичних умов [6, 53].

Культивування рослин *in vitro* дозволяє отримати генетично однорідний, здоровий посадковий матеріал, що є важливим для подальшого відновлення екосистем [6, 18]. Крім того, лабораторні дослідження дають можливість оцінити вплив токсичних речовин на клітинному рівні, що сприяє розробці програм екологічної реабілітації територій [53]. В освітньому контексті включення прикладів відновлення флори України до змісту уроку біології формує в учнів екологічну свідомість, громадянську відповідальність та розуміння ролі науки у подоланні наслідків війни [15]. Ознайомлення з практичними аспектами застосування біотехнологій підвищує мотивацію до навчання та сприяє формуванню дослідницької компетентності [9, 15].

Крім того, воєнний вплив створює значні виклики для роботи біотехнологічних лабораторій, зокрема обмежений доступ до певних реагентів, обладнання та безпечних приміщень для проведення тих чи інших досліджень [10]. У таких екстремальних умовах методи *in vitro* стають критично важливими, оскільки дозволяють економити ресурси, проводити точні мікроексперименти в обмеженому просторі та швидко масштабувати відновлення рослинного генофонду, стійкого до несприятливих чинників

довкілля [9, 10]. Навіть у цей складний час українські вчені продовжують наукову діяльність: адаптують роботу наукових установ, розгортають мобільні та регіональні лабораторні модулі, впроваджують новітні технології культивування клітин і тканин, а також активно залучають міжнародну грантову підтримку та колаборації [40]. Це, у свою чергу, відкриває реальні можливості для ефективної регенерації та повоєнного відновлення природного потенціалу України безпосередньо під час воєнного стану [14, 36].

Навчально-наукова лабораторія біотехнологічних досліджень *in vitro* Сумського національного аграрного університету (СНАУ) займається культивуванням клітин та тканин безвірусного садивного матеріалу, виділенням і культивуванням меристем у поєднанні з термо- та хіміотерапією, що важливо для створення здорового посадкового матеріалу [33]. Навчально-наукова лабораторія біотехнології та клітинної інженерії Національного університету біоресурсів і природокористування України виконує роботи із введення декоративних, технічних та ягідних культур в *in vitro*, оптимізації живильних середовищ і оздоровлення рослин, а також створено банк рослин із понад 160 сортів, який використовується для досліджень та селекції [49]. Лабораторія plant micropropagation Прикарпатського національного університету займається мікроклональним розмноженням рослин і дослідженням фізіологічних і біохімічних параметрів росту рослин у *in vitro* [31]. Діяльність цих університетських центрів має пряму практичну та екологічну цінність для розробки стратегій повоєнного відновлення флори та ренатуралізації постраждалих регіонів України [31, 53].

Таким чином, методи *in vitro* в умовах сучасної України виконують не лише наукову та виробничу функцію, а й мають важливе екологічне та соціальне значення, забезпечуючи відновлення природних ресурсів та збереження біорізноманіття [45, 59].

Отже, в даному розділі було розкрито сутність та основні поняття

біотехнології та біотехнологічних методів *in vitro,* визначено їх теоретичні засади та проаналізовано значення у сучасній науці й практиці. Розділ показав, що біотехнологія та методи *in vitro* є ключовими інструментами сучасної науки, дозволяючи культивувати клітини та тканини в контрольованих умовах для отримання здорового та генетично однорідного матеріалу. З'ясовано, що зазначенні методи мають широке застосування у відновленні пошкоджених екосистем, збереженні рідкісних видів, розвитку сільського господарства та наукових дослідженнях. Особливу увагу приділено ролі біотехнологічних методів задля сучасної України, де в умовах воєнного впливу, а також де бойові дії спричинили руйнування природних екосистем і деградацію ґрунтів. Приклади діяльності українських лабораторій, таких як СНАУ, Національний університет біоресурсів і природокористування України та Прикарпатський національний університет, демонструють ефективність методів *in vitro* у відновленні рослинності та збереженні біорізноманіття навіть у складних умовах. Таким чином, методи *in vitro* поєднують наукову та практичну функцію, підкреслюючи їхню актуальність і значення у сучасній науці та освіті.

# РОЗДІЛ 2
# МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ *IN VITRO* У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ БІОЛОГІЇ

## 2.1. Компетентнісний підхід у викладанні теми біотехнологічних методів *in vitro*

Сучасна система освіти в Україні орієнтована на формування ключові предметних компетентностей учнів, що відповідає концепції НУШ [11]. Практично-орієнтований підхід передбачає не лише засвоєння теоретичних знань, а й уміння застосовувати їх у практичних ситуаціях, аналізувати інформацію, робити висновки та приймати обґрунтовані рішення [37]. Під час вивчення теми біотехнологічних методів *in vitro* особлива увага приділяється формуванню компетентностей таких як [32, 39]:

1. Предметна (біологічна) компетентність. Учні засвоюють знання про клітинні процеси, тотипотентність клітин, принципи культивування тканин та застосування методів *in vitro* у селекції, медицині та збереженні біорізноманіття.

2. Дослідницька компетентність. Формується через аналіз схем експериментів, моделювання процесів культивування клітин, розв’язування проблемних завдань. Учні навчаються висувати гіпотези, прогнозувати результати та інтерпретувати отримані дані.

3. Інформаційно-цифрова компетентність. Передбачає використання електронних ресурсів, відеоматеріалів, віртуальних лабораторій та презентацій для глибшого розуміння біотехнологічних процесів.

4. Екологічна та громадянська компетентність. Розглядаючи питання застосування біотехнологій, учні обговорюють етичні аспекти використання клітинних технологій, проблеми ГМО, біобезпеку та відповідальність науки перед суспільством.

5. Математична компетентність. Реалізується під час аналізу кількісних показників росту клітин, побудови графіків та статистичної обробки результатів. Таким чином, застосування компетентнісного підходу під час викладання теми біотехнологічних методів *in vitro* у 6-9 класах забезпечує інтеграцію знань і практичних умінь, сприяє розвитку критичного мислення та формуванню наукового світогляду.

## 2.2. Використання STEM-підходу під час вивчення біотехнологічних методів *in vitro* у 6-9 класах та методика проведення уроку в 9 класі

У контексті викладання біології в 6–9 класах важливим є поступове ознайомлення учнів із сучасними досягненнями науки, серед яких особливе місце займають біотехнологічні методи *in vitro*. Хоча і зазначена тема не виділяється як окремий розділ у навчальній програмі, її елементи можуть бути інтегровані під час вивчення таких тем, як клітинна будова організмів, процеси росту і розвитку, розмноження, спадковість і мінливість.

У 6–7 класах формуються базові уявлення про клітину як структурно-функціональну одиницю живого, що є необхідною передумовою для розуміння клітинних технологій. У 8–9 класах учні поглиблюють знання про процеси життєдіяльності організмів, особливості розмноження, спадковість і мінливість, що створює основу для пояснення принципів культивування клітин і тканин у штучних умовах.

Застосування компетентнісного підходу під час вивчення елементів біотехнології передбачає використання таких методів навчання, які активізують пізнавальну діяльність учнів. До них належать проблемне навчання, дослідницькі завдання, моделювання біологічних процесів, а також виконання практико-орієнтованих завдань. Наприклад, учням можуть пропонуватися завдання з аналізу умов росту клітин, моделювання процесу культивування або обговорення значення біотехнологій у житті людини.

Особливе значення має формування дослідницьких умінь, які включають уміння висувати гіпотези, планувати експеримент, аналізувати результати та робити висновки. Навіть за відсутності реального лабораторного обладнання елементи дослідницької діяльності можуть реалізовуватися через використання віртуальних лабораторій, демонстраційних матеріалів та навчальних моделей.

Сучасні освітні тенденції передбачають інтеграцію навчальних дисциплін та формування в учнів цілісного бачення наукових процесів. Одним із ефективних шляхів реалізації такого підходу є застосування STEM-освіти (Science, Technology, Engineering, Mathematics), що передбачає поєднання знань із природничих наук, технологій, інженерії та математики. Під час вивчення біотехнологічних методів *in vitro* STEM-підхід дозволяє поєднати теоретичні знання з практичною діяльністю [41].

Науковий компонент (Science) реалізується через вивчення клітинної будови організмів, процесів росту та розвитку клітин, явища тотипотентності та особливостей культивування тканин.

Технологічний компонент (Technology) передбачає ознайомлення учнів із сучасним лабораторним обладнанням, принципами створення стерильного середовища та використанням цифрових ресурсів для моделювання експериментів.

Інженерний компонент (Engineering) проявляється у процесі моделювання умов для культивування клітин, аналізу етапів створення поживного середовища та проєктування спрощених лабораторних установок.

Математичний компонент (Mathematics) реалізується під час аналізу кількісних показників росту клітин, обробки результатів досліджень та побудови графіків.

Застосування STEM-підходу під час вивчення теми *in vitro* сприяє розвитку логічного мислення, уміння працювати з даними, аналізувати результати та застосовувати знання у практичній діяльності. Такий підхід підвищує мотивацію учнів і робить навчальний процес більш цікавим.

Методика викладання теми біотехнологічних методів *in vitro* передбачає використання різноманітних форм і методів навчання, зокрема пояснювально-ілюстративного, проблемного та дослідницького. Важливе місце займає використання наочності (схем, таблиць, відеоматеріалів), а також інтерактивних методів, таких як групова робота, дискусії та аналіз ситуаційних завдань.

Зважаючи на те, що в умовах сучасної шкільної практики учні 9 класу навчаються переважно за базовими навчальними програмами, у яких елементи біотехнології представлені обмежено, виникає необхідність удосконалення методики викладання даної теми.

**Місце теми біотехнологічних методів *in vitro* у шкільному курсі біології (6-9 класи)**

Зміст шкільного курсу біології передбачає поступове формування в учнів уявлень про сучасні досягнення біологічної науки та їх практичне значення. Ознайомлення з елементами біотехнології здійснюються поетапно , починаючи з основних біологічних понять у 6 класі та поступово поглиблюється в наступних класах. Хоча безпосередньо поняття біотехнології детально розглядається у старших класах, підґрунтя для його розуміння формується значно раніше [38].

У 6 класі під час вивчення теми «Рослини» учні знайомляться з клітинною будовою рослин, типами тканин та особливостями росту й розвитку рослинних організмів. Саме ці знання є основою для розуміння можливості культивування рослинних клітин і тканин у штучних умовах [23].

У 7 класі під час вивчення курсу «Тварини» учні поглиблюють знання про клітинну організацію живих організмів, різноманітність тканин і органів, а також процеси життєдіяльності клітин. Це сприяє формуванню уявлень про універсальність клітинної будови організмів [46].

У 8 класі в курсі «Біологія людини» учні вивчають будову клітин і тканин організму людини, процеси росту, розвитку та регенерації. На цьому

етапі можна формувати уявлення про використання клітинних технологій у медицині та наукових дослідженнях [47].

У 9 класі під час вивчення загальної біології учні знайомляться з основами генетики, селекції та сучасними досягненнями біології. Саме тут можна розглядати приклади використання біотехнологічних методів, зокрема культивування клітин і тканин *in vitro*, генетичну інженерію та використання мікроорганізмів у промисловості [48].

Таким чином, шкільний курс біології у 6–9 класах забезпечує поступове формування знань, необхідних для розуміння сучасних біотехнологічних процесів. Ознайомлення учнів із такими методами сприяє формуванню наукового світогляду, розвитку пізнавального інтересу до біології та усвідомленню ролі біотехнології у вирішенні важливих проблем сучасного суспільства.

Навчальний зміст курсу біології у 6–9 класах реалізується через підручники, рекомендовані Міністерством освіти і науки України, зокрема: «Біологія. 6 клас» [39, 32], «Біологія. 6 клас» [23], «Біологія. 7–9 класи» [46, 47, 48]. Саме в межах цих підручників розглядаються теми клітинної будови організмів, генетики, селекції та сучасних досягнень біології, що створює підґрунтя для вивчення біотехнологічних методів, зокрема культивування клітин і тканин *in vitro*.

Вивчення біотехнологічних методів у школі сприяє реалізації компетентнісного підходу, передбаченого Державним стандартом базової і повної загальної середньої освіти. Учні не лише засвоюють теоретичні знання, а й формують уміння аналізувати інформацію, встановлювати причинно-наслідкові зв’язки, оцінювати вплив наукових досягнень на суспільство.

Важливим є використання міжпредметних зв’язків. Під час розгляду методів *in vitro* доцільно інтегрувати знання з хімії (склад поживних середовищ, роль мікроелементів), фізики (стерилізація, температурні режими), інформатики (обробка результатів досліджень). Такий підхід

відповідає концепції STEM-освіти та підвищує практичну спрямованість навчання. Разом із тим, аналіз шкільної практики свідчить, що питання клітинної біотехнології часто подаються фрагментарно та без достатнього методичного забезпечення. Це зумовлює потребу в розробці спеціально структурованих матеріалів, адаптованих до вікових особливостей учнів.

З метою реалізації компетентнісного підходу та інтеграції елементів STEM-освіти у навчальний процес доцільним є впровадження авторських методичних розробок, що відповідають сучасним освітнім вимогам. У зв'язку з цим у межах даного дослідження було розроблено авторський конспект уроку з теми «Біотехнологічні методи *in vitro*» для учнів 9 класу, який може бути використаний у шкільному курсі біології як елемент оновлення змісту освіти та впровадження інноваційних підходів до навчання.

**Розробка уроку з теми «Біотехнологічні методи *in vitro*» для учнів 9 класу**

**Тема:** Біотехнологічні методи *in vitro* та їх застосування

**Мета уроку:** ознайомити учнів із методами культивування клітин і тканин *in vitro*, сформувати дослідницькі та аналітичні компетентності, розвинути практичні навички аналізу та моделювання біологічних процесів.

**Обладнання та матеріали:** презентація, комп'ютер, мультимедійний проектор, інтерактивна дошка, схеми, фотографії та відео процесу культивування клітин, картки з завданнями, таблиці «Етапи культивування клітин *in vitro*».

**Хід уроку:**

**1. Організаційний етап (3–5 хв)**

**Мета:** підготовка учнів до роботи, налаштування на активну діяльність.

**Дія вчителя:** привітання, перевірка присутності, налаштування на роботу.

**Дія учнів:** уважно слухають, готуються до заняття.

**Метод:** усне звернення, коротка бесіда.

**2. Актуалізація знань (5–7 хв)**

**Мета:** пригадати основні поняття клітинної біології, підготувати так би мовити ґрунт для нової теми.

**Дія вчителя:** задає питання:

- «Що таке клітина?»

- «Які властивості рослинних клітин ви пам’ятаєте?»

- «Що ви знаєте про розмноження рослин?»

**Дія учнів:** відповідають на запитання, обговорюють, наводять приклади.

**3. Вивчення нового матеріалу та зацікавлення (15–20 хв)**

**Мета:** зацікавити учнів темою, показати її значення, ознайомити учнів із послідовністю та етапами методу *in vitro*.

**Дія вчителя:** коротко пояснює практичне застосування *in vitro*, приклади відновлення рослинності та використання у селекції, створення різних лікарських та декоративних рослин, демонстрація матеріалу за допомогою інтерактивних методів, пояснює етапи методу *in vitro*:

Вибір експланта – коротко пояснити, що таке експлант це частина рослини, яку використовують для культивування.

Стерилізація – пояснити, чому важлива чистота, показати приклад (фото).

Культивування на поживному середовищі – показати поживні середовища, їх склад та роль.

Утворення калусу – пояснити, що це маса ділячих клітин, зі якої формується нова рослина.

Регенерація органів - коротко розповісти про відновлення коренів, пагонів та листків.

**Дія учнів:** роблять записи; аналізують схеми процесу та послідовність процесу; обговорюють матеріал; обговорюють та працюють із картками для кращого засвоєння термінів у групах.

**4. Закріплення матеріалу (10–15 хв)**

**Мета:** перевірити засвоєння знань і сформованих навичок.

**Дія вчителя:** пропонує учням: тестові завдання різних рівнів; вправи на встановлення відповідності; короткі відкриті питання.

**Дидактичні завдання для учнів:**

***Варіант 1:*** **І рівень** (1–6 ) – вибір однієї відповіді

1. Термін *in vitro* означає:

а) у природі

б) у пробірці

в) у клітині

г) у тканині

*Відповідь:* б

2. Основою мікроклонального розмноження є:

а) фотосинтез

б) тотипотентність клітин

в) мутації

г) дифузія

*Відповідь:* б

3. Метод *in vitro* найчастіше використовують у:

а) астрономії

б) географії

в) біотехнології

г) історії

*Відповідь:* в

4. Основна перевага культури тканин:

а) сезонність

б) швидкість розмноження

в) випадковість

г) нестабільність

*Відповідь:* б

5. Поживне середовище містить:

а) гормони росту

б) бетон

в) метал

г) газ

*Відповідь:* а

6. Клітина – це:

а) орган, що забезпечує дихання у рослин

б) найменша структурна і функціональна одиниця живого організму

в) молекула яка входить до складу рослини

г) організм, який дихає і рухається самостійно.

*Відповідь:* б

**ІІ рівень** (7-8) – встановлення відповідності

7. Встановіть відповідність (терміни та визначення):

1. Калус

2. Експлант

3. Акліматизація

4. Стерилізація

А – пристосування до ґрунту

Б – недиференційована тканина

В – знезараження

Г - фрагмент тканини

*Відповідь:* 1–Б, 2–Г, 3–А, 4–В.

8. Встанови відповідність ( помилки та наслідки ):

1. Недотримання стерильності

2. Невідповідне середовище

3. Механічне пошкодження експланта

4. Неправильна температура

А – контамінація культури

Б – втрата життєздатності клітини

В – сповільнений ріст або загибель клітини

Г – зміни в швидкості росту так розвитку.

*Відповідь:* 1- А, 2- В, 3- Б, 4- Г.

**ІІІ рівень** (9-10) – відкриті питання

9. Яка можлива причина відсутності росту у клітин.

*Відповідь:* порушення стерильності або невідповідний склад поживного середовища.

10. Поясніть, чому метод *in vitro* важливий для відновлення рослинності у постраждалих регіонах України.

*Відповідь:* це дозволяє швидко розмножувати здорові рослини, відновити пошкоджені культури та зберегти генетичні ресурси.

***Варіант 2:***

**І рівень** (1–6) – вибір однієї відповіді

1. Калус – це:

а) генеративний орган

б) недиференційована тканина

в) плід

г) насіння

*Відповідь:* б

2. Експлант – це:

а) поживне середовище

б) частина тканини для культивування

в) вірус

г) фермент

*Відповідь:* б

3. Термін *in vitro* означає:

а) у природі

б) у пробірці

в) у клітині

г) у тканині

*Відповідь:* б

4. Для стерильності використовують:

а) воду

б) спирт

в) стерильні умови

г) повітря

*Відповідь:* в

5. Клітина – це:

а) орган, що забезпечує дихання у рослин

б) організм, який дихає і рухається самостійно

в) молекула яка входить до складу рослини

г) найменша структурна і функціональна одиниця живого організму.

*Відповідь:* г

6. Метод *in vitro* найчастіше використовують у:

а) астрономії

б) географії

в) біотехнології

г) історії

*Відповідь:* в

**ІІ рівень** (7–8) – встановлення відповідності

7. Встанови відповідність (компетентність та діяльність):

1. Дослідницька

2. Критичне мислення

3. Інформаційна

4. Екологічна

А. Планування та проведення експерименту

Б. Обговорення наслідків ГМО та біотехнологічних експериментів

В. Аналіз та оцінка отриманих результатів

Г. Робота над науковими джерелами та підручниками

*Відповідь:* 1-А, 2-В, 3-Г, 4-Б.

8. Встанови відповідність (помилки та наслідки):

1. Недотримання стерильності

2. Невідповідне середовище

3. Механічне пошкодження експланта

4. Неправильна температура

А – контамінація культури

Б – втрата життєздатності клітини

В – сповільнений ріст або загибель клітини

Г – зміни в швидкості росту так розвитку.

*Відповідь:* 1-А, 2-В, 3-Б, 4-Г.

**ІІІ рівень** (9-10) – відкриті питання

9. Поясніть, чому метод *in vitro* важливий для відновлення рослинності у постраждалих регіонах України.

*Відповідь:* це дозволяє швидко розмножувати здорові рослини, відновити пошкоджені культури та зберегти генетичні ресурси.

10. Назвіть основні етапи процесу *in vitro*.

*Відповідь:* вибір експланта, стерилізація, культивування, формування калусу, регенерація органів.

Критерії оцінювання результатів учнів наведені у додатку А.

**5. Підбиття підсумків (3–5 хв)**

**Мета:** узагальнити отримані знання, підкреслити практичне значення.

**Дія вчителя:** наголошує на важливості методів *in vitro* у науці та практиці.

**Дія учнів:** роблять висновки, задають уточнювальні питання, обговорюють застосування знань у практичних ситуаціях.

**6. Домашнє завдання (2–3 хв)**

**Мета:** закріпити матеріал та підготуватися до наступного уроку.

**Завдання:** опрацювати терміни та етапи методів *in vitro*; підготувати коротку міні-доповідь або презентацію на тему: «Застосування біотехнологічних методів для відновлення рослинності в Україні».

Запропонований конспект уроку спрямований на поєднання теоретичних знань із практичною діяльністю учнів, що відповідає вимогам компетентнісного підходу. Використання елементів STEM-освіти, інтерактивних методів та тестових завдань сприяє підвищенню ефективності навчального процесу та формуванню ключових компетентностей учнів. Таким чином, поєднання STEM-підходу та сучасних методик навчання під час вивчення біотехнологічних методів *in vitro* забезпечує підвищення якості знань учнів, розвиток їхньої пізнавальної активності та підготовку до застосування отриманих знань у майбутньому.

## 2.3. Формування дослідницьких компетентностей, етичні аспекти та практичні рекомендації для вчителя

Формування дослідницької компетентності учнів є важливим аспектом сучасного навчання біології. У процесі вивчення методів *in vitro* учні набувають умінь планувати, здійснювати та аналізувати експериментальні дослідження. Основними складовими цього процесу є:

- Спостереження та аналіз експериментальних даних. Учні спостерігають за розвитком клітинних культур, порівнюють результати з прогнозованими і формулюють висновки.

- Планування та прогнозування. На основі початкових умов експерименту учні прогнозують можливі результати і обґрунтовують свої очікування.

- Логічне мислення та робота з інформацією. Учні зіставляють отримані дані, аналізують відмінності між експериментальною та контрольними групами, оцінюють ефективність застосованих методів.

- Комунікативні навички. Робота в групах та обговорення результатів сприяє формуванню вміння аргументувати власну позицію та спільно приймати рішення.

Вивчення біотехнологічних методів передбачає обов’язкове

дотримання етичних норм та правил безпеки. Етичні аспекти уроку включають:

- Біобезпека. Учні дотримуються правил роботи з культурами клітин, користуються стерильними інструментами та матеріалами.

- Повага до природи. Формування усвідомленого ставлення до рослин, збереження біорізноманіття та відповідальність за вплив на навколишнє середовище.

- Обговорення ГМО та наслідків наукової діяльності. Учні аналізують потенційні ризики та користь генетичних модифікацій, розвиваючи критичне мислення і моральну відповідальність.

- Колективна відповідальність. Під час групових досліджень учні вчаться взаємоповажливо взаємодіяти та відповідати за спільний результат експерименту.

Практичні рекомендації для вчителя щодо проведення ефективних уроків методів *in vitro*:

- Використовувати інтерактивні методи навчання. Демонстрації, групові обговорення, моделювання експериментів сприяють активізації пізнавальної діяльності учнів.

- Забезпечувати доступність наукових термінів. Пояснювати нові поняття доступно, з використанням наочних прикладів та схем.

- Створювати дидактичні завдання різних рівнів. Комбінування тестів, завдань на відповідність та відкритих питань дозволяє формувати різнобічні компетентності.

- Інтегрувати знання з інших предметів. Включення елементів хімії, фізики та математики допомагає учням застосовувати міждисциплінарний підхід.

- Сприяти дослідницькій діяльності. Організовувати експериментальні завдання, давати свободу у виборі методів та аналізі результатів, мотивувати до самостійного пошуку відповідей.

Дотримання цих рекомендацій забезпечує ефективну реалізацію

компетентнісного, STEM- та проєктних підходів у процесі навчання біології.

Отже, в даному розділі було розглянуто особливості застосування методів *in vitro* у шкільному курсі біології та визначено ключові аспекти організації навчально-дослідницької діяльності учнів. Проаналізовано формування дослідницьких компетентностей, що включає спостереження та аналіз експериментальних даних, планування та прогнозування, розвиток логічного мислення та комунікативних навичок. Такий підхід забезпечує цілісне розуміння наукового процесу та формує в учнів уміння самостійно досліджувати біологічні явища.

Розглянуто етичні аспекти проведення уроків біотехнології, зокрема дотримання біобезпеки, повагу до живих організмів, обговорення проблематики ГМО та формування колективної відповідальності за результати досліджень. Включення етичних компонентів у навчальний процес сприяє формуванню моральної свідомості учнів та відповідального ставлення до наукової діяльності.

Наведено практичні рекомендації для вчителя щодо проведення ефективного уроку методів *in vitro*, серед яких інтерактивні методи навчання, забезпечення доступу до наукових термінів, створення дидактичних завдань різного рівня складності, інтеграція знань з інших предметів та стимулювання дослідницької діяльності учнів.

Таким чином, застосування комплексного підходу до організації уроків біотехнології *in vitro* дозволяє не лише підвищити якість засвоєння навчального матеріалу, а й сприяє формуванню у школярів дослідницьких компетентностей, наукового світогляду та етичної свідомості, що є важливими складовими сучасної біологічної освіти.

# РОЗДІЛ 3
# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ

## 3.1. Організація педагогічного дослідження

Метою педагогічного дослідження було визначення ефективності розробленої методики викладання теми біотехнологічних методів *in vitro* у шкільному курсі біології, задля цього було проведено педагогічне дослідження. Основною метою експериментальної роботи було визначення впливу використання сучасних методичних підходів на рівень засвоєння учнями навчального матеріалу та формування їхніх пізнавальних компетентностей.

Педагогічне дослідження проводилося серед учнів дев'ятих класів закладу загальної середньої освіти. У дослідженні взяли участь дві групи учнів: контрольна та експериментальна.

Навчання в контрольній групі здійснювалося за традиційною методикою викладання біології, що передбачає пояснення нового матеріалу вчителем, роботу з підручником та виконання стандартних навчальних завдань.

В експериментальній групі під час вивчення теми використовувалася розроблена методика проведення уроку, яка передбачала застосування інтерактивних форм навчання, використання проблемних запитань, дидактичних завдань різного рівня складності, а також елементів дослідницької діяльності учнів.

Педагогічний експеримент складався з трьох етапів:

1. Констатувальний етап – визначення початкового рівня знань учнів з теми біотехнології та методів *in vitro*. На цьому етапі проводилося тестування, яке дозволило встановити рівень обізнаності учнів із основними поняттями теми.

2. Формувальний етап – безпосереднє впровадження розробленої методики викладання під час проведення уроку. У процесі навчання використовувалися різні види навчальної діяльності: виконання тестових завдань, робота з дидактичними матеріалами, обговорення проблемних питань та виконання відкритих завдань.

3. Контрольний етап – перевірка рівня засвоєння навчального матеріалу після проведення уроку. Для цього було використано систему завдань трьох рівнів складності, що дозволило оцінити як базові знання учнів, так і їхню здатність аналізувати та узагальнювати інформацію.

У ході педагогічного експерименту для перевірки ефективності розробленої методики урок з теми біотехнологічних методів *in vitro* проводився в експериментальній групі 9 класу. Структура уроку включала стандартні етапи: актуалізація знань, пояснення нового матеріалу, практична робота, закріплення та рефлексія. Основна увага була приділена в провадженню інтерактивних методів, дидактичних завдань та STEM – підходу, що дозволяють формувати практичні компетентності, аналітичне мислення учнів. Учні активно залучались до виконання дидактичних завдань, аналізували результати експериментів, обговорювали спостереження та формували висновки. Вчитель координував роботу груп, контролював дотримання правил безпеки і стерильності, мотивував учнів до аналітичного мислення та дослідницької діяльності.

Для кращого уявлення структури уроку в експериментальній групі була складена таблиця, що відображає певну послідовність дій учителя та учнів на кожному етапі заняття. Такий підхід наочно дає можливість продемонструвати, як впроваджуються інтерактивні методи та дидактичні завдання, а також які конкретні дії були здійснені. Таблиця дає змогу систематизувати навчальний процес та виділити ключові моменти взаємодії між учителем та учнями. Структура уроку в експериментальній групі представлена в таблиці 3.1.

*Таблиця 3.1*

Організації уроку та дії вчителя та учнів

| № | Етап уроку | Дія вчителя | Дія учнів | Використанні методи/завдання |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Актуалізація знань | Привітання, перевірка домашнього завдання, постановка мети уроку | Відповідають на запитання, обговорюють попередній матеріал | Бесіда, коротке опитування |
| 2 | Мотивація | Ознайомлення з темою, значенням методів *in vitro* | Слухають, формулюють власні запитання | Пояснення, демонстрація прикладів |
| 3 | Подача нового матеріалу | Викладення теоретичного матеріалу, демонстрація лабораторних прийомів | Конспектують, задають уточнюючі питання | Лекція, презентація, демонстрація |
| 4 | Практична робота | Координація роботи груп, контроль за дотриманням стерильності | Виконують завдання, виконують спостереження, фіксують результати | Робота з експлантами, моделювання процесів, групова робота |
| 5 | Закріплення | Аналіз результатів, підведення підсумків | Обговорюють результати, роблять висновки | Дидактичні завдання, тестування, дискусія |
| 6 | Рефлексія | Дає рекомендації та домашні завдання | Оцінюють власну роботу, записують домашнє завдання | Самоаналіз, індивідуальне завдання |

Таблиця 3.1 наочно демонструє структуру уроку у експериментальній групі та відображає ролі вчителя і учнів на кожному етапі. Найбільшу активність учнів було зафіксовано під час практичної роботи, що підтверджує ефективність використаних дидактичних завдань і STEM – підходу.

### 3.1.1. Аналіз результатів навчальної діяльності учнів

З метою визначення ефективності запропонованої методики навчання було проведено аналіз результатів навчальної діяльності учнів 9 класу під час вивчення теми біотехнологічних методів *in vitro*. Оцінювання рівня засвоєння знань здійснювалося за допомогою системи дидактичних завдань різного рівня складності

Для оцінки навчальних досягнень учнів було використано три рівні завдань:

Перший рівень (репродуктивний) передбачав виконання тестових завдань із вибором однієї правильної відповіді. Ці завдання були спрямовані на перевірку засвоєння основних понять теми, зокрема таких термінів, як *in vitro*, тотипотентність клітин, калусна тканина, культура клітин.

Другий рівень (аналітичний) включав завдання на встановлення відповідностей між біологічними поняттями та їх характеристиками. Виконання таких завдань вимагало від учнів не лише відтворення теоретичного матеріалу, а й уміння встановлювати логічні зв’язки між біологічними процесами.

Третій рівень (творчий) складався з відкритих запитань, що передбачали коротку письмову відповідь. Учні повинні були пояснити причини певних явищ або обґрунтувати значення біотехнологічних методів для сучасної науки і практики.

Результати виконання завдань показали, що учні експериментальної групи продемонстрували вищий рівень засвоєння навчального матеріалу порівняно з учнями контрольної групи. Це пояснюється тим, що під час проведення уроку використовувалися активні методи навчання, які сприяли залученню учнів до навчального процесу. Зокрема, застосування проблемних запитань, дидактичних завдань та обговорення результатів сприяло розвитку пізнавального інтересу учнів до теми біотехнології. Учні активно брали участь у виконанні завдань, аналізували отримані результати та

висловлювали власні припущення щодо можливостей застосування методів *in vitro* у різних галузях науки.

Порівняльний аналіз результатів показав позитивну динаміку рівня навчальних досягнень учнів експериментальної групи. Зокрема, збільшилася кількість учнів, які продемонстрували високий та достатній рівні знань, тоді як кількість учнів із низьким рівнем знань зменшилася.

Отримані результати свідчать про те, що використання інтерактивних методів навчання, дослідницьких завдань та проблемних ситуацій під час вивчення теми біотехнологічних методів *in vitro* є ефективним засобом формування біологічних знань та розвитку пізнавальної активності учнів. Крім того, виконання завдань різного рівня складності сприяє формуванню дослідницьких компетентностей, розвитку критичного мислення та здатності учнів застосовувати отримані знання на практиці.

Для наочного відображення результатів навчальної діяльності учнів експериментальної групи було проведено порівняльний аналіз їхніх знань до та після проведення уроку. Оцінювання здійснювалося за трьома рівнями знань: репродуктивний, аналітичний та творчий.

Результати навчальної діяльності учнів експериментальної групи відображені у таблиці 3.2 де наведено бали кожного учня до та після уроку.

Таблиця 3.2

Рівень знань учнів експериментальної групи до та після проведення уроку

| Учень | До уроку (балів) | Після уроку (балів) |
|---|---|---|
| 1 | 6 | 10 |
| 2 | 5 | 8 |
| 3 | 7 | 10 |
| 4 | 6 | 10 |
| 5 | 5 | 9 |
| 6 | 6 | 10 |

| | | |
|---|---|---|
| 7 | 8 | 12 |
| 8 | 5 | 9 |
| 9 | 6 | 10 |
| 10 | 7 | 11 |
| 11 | 6 | 9 |
| 12 | 7 | 11 |
| 13 | 8 | 12 |
| 14 | 6 | 10 |
| 15 | 7 | 11 |

Порівняльний аналіз таблиці 3.2 показує позитивну динаміку, також для кращого та наочного відображення результатів експериментальної групи була побудована діафрагма, яка зображена на мал. 3.1, яка в свою чергу демонструє розподіл рівня знань учнів до та після проведення уроку. Діаграгма відображає середні бали учнів у відсотковому співвідношенні та дозволяє швидко оцінити ефективність використаної методики, зокрема інтерактивних STEM-підходів, у підвищенні навчальних досягнень.

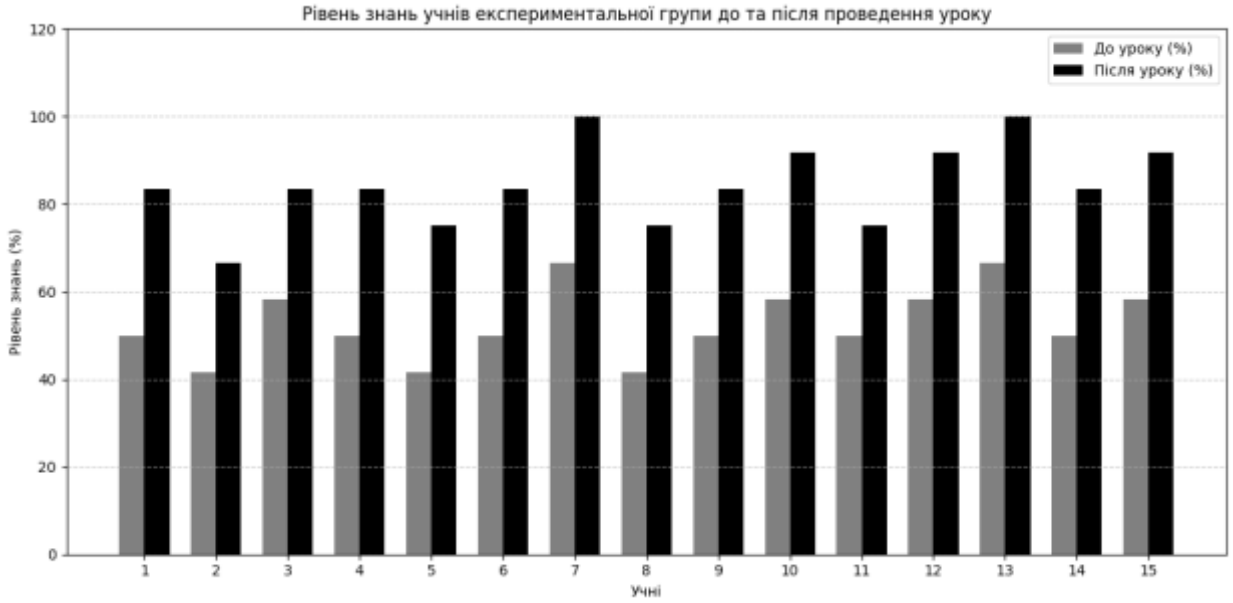



Рис. 3.1. Діаграма рівня знань учнів експериментальної групи до та після проведення уроку

Аналіз діаграгми показав, що середній рівень знань учнів експериментальної групи збільшився, що свідчить про позитивну динаміку навчальних досягнень. Найбільший приріст спостерігається на творчому рівні, що підтверджує розвиток дослідницьких компетентностей. Також відзначено підвищення результатів на аналітичному та репродуктивному рівнях. Отримані дані підтверджують ефективність використання інтерактивних методів та STEM-підходу у навчальному процесі.

### 3.2. Роль вчителя та методичні рекомендації

Ефективність уроку значною мірою залежала від педагогічного підходу вчителя. Чітка організація етапів уроку, продумана подача теоретичного матеріалу та стимулювання учнів до самостійного аналізу результатів дозволили сформувати високий рівень навчальних досягнень. Під час уроку вчитель використав комбінований підхід, поєднавши лекційний метод, демонстрацію експериментів, групову роботу та дидактичні завдання, що сприяло: - розвитку дослідницьких навичок учнів;

- формуванню критичного мислення;
- підвищенню активності та зацікавленості під час уроку;
- підвищенню рівню засвоєння знань.

На основі проведеного дослідження можна сформулювати низку методичних рекомендацій щодо викладання теми біотехнологічних методів *in vitro* у шкільному курсі біології.

Перш за все, доцільно поєднувати пояснення теоретичного матеріалу з використанням практичних та дослідницьких завдань. Це сприяє кращому розумінню складних біологічних процесів та підвищує зацікавленість учнів. Важливо також використовувати проблемні запитання, які стимулюють учнів до самостійного мислення та аналізу інформації. Такий підхід дозволяє формувати у школярів навички наукового мислення. Крім того, ефективним є використання завдань різного рівня складності. Це дозволяє враховувати

індивідуальні особливості учнів та створювати умови для розвитку їхніх пізнавальних можливостей.

Використання інтерактивних методів навчання, зокрема: дискусій, аналізу ситуацій та групової роботи, сприяє формуванню в учнів комунікативних та дослідницьких компетентностей. Застосування цих рекомендацій сприяє активізації навчальної діяльності учнів, розвитку їхніх творчих та аналітичних умінь, а також підвищенню ефективності засвоєння матеріалу.

Вивчення біотехнологічних методів *in vitro* у шкільному курсі біології має важливе значення для формування наукового світогляду учнів. Ознайомлення з сучасними досягненнями біологічної науки сприяє розширенню уявлень школярів про можливості застосування біотехнологій у різних сферах діяльності людини. Під час вивчення цієї теми учні отримують знання про культивування клітин і тканин рослин у штучних умовах, що дозволяє глибше зрозуміти процеси росту, розвитку та регенерації організмів. Такі знання сприяють формуванню цілісного уявлення про сучасні напрямки розвитку біологічної науки.

Особливу роль у формуванні наукового світогляду відіграє ознайомлення учнів із практичним значенням біотехнологічних методів. Учні дізнаються про використання технологій *in vitro* у медицині, сільському господарстві, фармацевтичній промисловості та охороні навколишнього середовища. Це допомагає усвідомити важливість біологічних знань для розв’язання актуальних проблем сучасного суспільства. Крім того, вивчення біотехнології сприяє розвитку критичного мислення учнів. Під час обговорення різних аспектів застосування біотехнологій школярі вчаться аналізувати інформацію, оцінювати можливі наслідки використання сучасних технологій та формувати власну позицію щодо їх використання.

Таким чином, вивчення біотехнологічних методів *in vitro* у шкільному курсі біології сприяє не лише засвоєнню нових знань, а й формуванню наукового світогляду учнів, розвитку їхніх пізнавальних інтересів та

усвідомленню значення біологічної науки у сучасному світі.

### 3.3. Проблеми та перспективи розвитку біотехнологічних компетентностей

Під час дослідження було виявлено низку проблем, що обмежують ефективне формування біотехнологічних компетентностей: недостатня практична підготовка учнів до проведення лабораторних дослідів, що знижує рівень активності та самостійності; обмежений доступ до сучасного обладнання та матеріалів, необхідних для проведення експериментів *in vitro; с*кладність розуміння абстрактних процесів без наочного та інтерактивного представлення; нерівномірний рівень сформованих дослідницьких та критичних компетентностей, що ускладнює активну роботу з практичними завданнями; нестача мотивації у частини учнів, пов’язана з обмеженим залученням до дослідницької діяльності та відсутністю наочного результату експериментів.

Для підвищення ефективності навчання та подолання виявлених проблем рекомендується: використовувати інтерактивні, STEM- та проектні методи навчання, що залучають учнів до дослідницької діяльності; організовувати міні-лабораторні роботи навіть у школах з обмеженим обладнанням, використовуючи доступні матеріали та прості моделі; впроваджувати цифрові моделі та симуляційні програми, які наочно демонструють процеси *in vitro*; розвивати дослідницькі, аналітичні та критичні компетентності через групові проекти, дискусії та практичні завдання різного рівня складності; налагоджувати співпрацю з університетами та науковими лабораторіями, що дає змогу залучати учнів до реальних досліджень; використовувати методи проблемного навчання та кейсів, які стимулюють критичне мислення та обговорення етичних аспектів біотехнологій.

Короткі приклади STEM-проектів та міні-лабораторних завдань:

1. Міні-лабораторний дослід: культивування листових клітин рослин у стерильних умовах та спостереження за ростом калусу.

2. Проект «Моделювання *in vitro*»: створення цифрової моделі росту клітин і прогнозування впливу зміни умов середовища.

3. Дослідницький міні-проект: порівняння швидкості росту калусу при різних концентраціях поживного середовища та формування власних висновків.

4. Інтерактивні дискусії: аналіз прикладів застосування біотехнології у медицині та сільському господарстві, обговорення етичних аспектів.

У процесі аналізу проблем формування біотехнологічних компетентностей учнів було визначено необхідність систематизації труднощів навчання та пошуку ефективних педагогічних рішень. З цією метою узагальнено основні проблеми, методи їх подолання та очікувані результати у вигляді таблиці «Проблеми – Методи – Очікуваний ефект» (табл. 3.3), що дозволяє наочно відобразити ефективність запропонованих підходів та їх вплив на навчальну діяльність учнів.

*Таблиця 3.3*

«Проблеми – методи – очікуваний ефект»

| № | Проблема | Запропоновані методи | Очікуваний ефект |
|---|---|---|---|
| 1 | Недостатня практична підготовка | Міні-лабораторні роботи, моделювання процесів | Підвищення активності, формування практичних навичок |
| 2 | Обмежений доступ до обладнання | Використання доступних моделей, цифрові симуляції | Можливість проводити експерименти навіть у школі |
| 3 | Складність розуміння абстрактних процесів | Інтерактивні демонстрації, STEM-проекти | Краще засвоєння матеріалу, наочне відображення процесів |
| 4 | Нерівномірний рівень компетентностей | Групові дослідницькі проекти, диференційовані завдання | Рівномірний розвиток дослідницьких та аналітичних навичок |
| 5 | Нестача мотивації | Проблемні завдання, кейси, дискусії | Підвищення пізнавальної активності та зацікавленості |

Представлена таблиця «Проблеми – методи – очікуваний ефект» демонструє, як інтеграція сучасних методів навчання, таких як STM-проекти та міні-лабораторні завдання, сприяє розвитку дослідницьких умінь, логічного мислення та практичних навичок учнів. Такий підхід дозволяє не лише підвищити якість засвоєння навчального матеріалу, а й формує активну позицію учнів у навчальному процесі, стимулюючи їхню самостійну пізнавальну діяльність та зацікавленість у біотехнології.

Також для підвищення ефективності викладання біотехнологічних методів *in vitro* у шкільному курсі біології важливо враховувати низку педагогічних факторів. Основні з них узагальнено у вигляді логічної схеми зображено на малюнку (рис. 3.2).




Рис. 3.2 Фактори ефективного викладання біотехнологічних методів *in vitro*

Як видно з наведеної схеми, ефективність викладання біотехнологічних методів *in vitro* залежить від поєднання педагогічної майстерності вчителя, використання сучасних методів навчання та активної участі учнів у навчальному процесі. Важливу роль також відіграє практична спрямованість занять і формування наукового світогляду школярів, що сприяє розвитку їхніх біотехнологічних компетентностей.

## 3.4. Узагальнення результатів дослідження та перспективи розвитку

Проведене дослідження було спрямоване на вивчення ефективності методики викладання біотехнологічних методів *in vitro* у шкільному курсі біології та визначення ролі інтерактивних та дослідницьких методів у формуванні біотехнологічних компетентностей учнів. У ході роботи було здійснено теоретичний аналіз наукової та методичної літератури, що дозволило визначити основні підходи до навчання біотехнології у школі та підкреслити важливість практичної складової для формування наукового світогляду учнів. Встановлено, що використання інтерактивних методів навчання, дослідницьких завдань і STEM-проєктів сприяє розвитку аналітичного та творчого мислення школярів, їхньої пізнавальної активності та умінню застосовувати знання на практиці.

Для логічного відображення роботи та систематизації отриманих результатів було визначено п’ять послідовних етапів дослідження:

1. Теоретичний етап: аналіз наукової та методичної літератури; вивчення сучасних підходів до викладання біотехнології у шкільному курсі; формування цілей та завдань дослідження.

2. Методичний етап**:** розробка структури уроку з використанням інтерактивних методів; підготовка навчальних завдань різного рівня складності; визначення способів оцінювання навчальної діяльності учнів.

3. Експериментальний етап: проведення уроків у експериментальній групі; застосування комбінованого підходу: лекційні пояснення, демонстрації, групові роботи, проблемні ситуації та дослідницькі завдання.

4. Аналітичний етап: обробка результатів навчальної діяльності учнів; порівняльний аналіз рівнів знань до та після проведення уроку; визначення ефективності використаних методів навчання.

5. Узагальнювальний етап: формулювання висновків про ефективність методики; визначення практичного значення отриманих результатів;

визначення перспектив подальшого розвитку методики викладання біотехнології у школі.

Для наочного узагальнення результатів дослідження та демонстрації взаємозв'язку методів навчання, активності учнів і розвитку їхніх біотехнологічних компетентностей подано логічну схему моделі формування компетентностей учнів яка зображена на рисунку 3.3.




Рисунок 3.3 ілюструє, що ефективне викладання біотехнології *in vitro* у поєднанні з активною навчальною діяльністю учнів та практичними завданнями забезпечує послідовне формування компетентностей. Модель демонструє, що етапи ознайомлення з теорією, виконання практичних лабораторних робіт та аналіз результатів є ключовими для розвитку критичного мислення, формування дослідницьких навичок та усвідомлення практичного значення знань. Завдяки такій послідовності учні поступово здобувають необхідні знання і навички, що дозволяє підвищити загальний рівень біотехнологічних компетентностей та підготувати їх до самостійної наукової роботи або подальшого навчання у галузі біології.

### 3.4.1. Практичне значення отриманих результатів та перспективи подальших досліджень

Результати дослідження можуть бути використані вчителями біології для підвищення ефективності уроків, пов’язаних із біотехнологічними методами. Використання інтерактивних методів, дослідницьких завдань, проблемних ситуацій та STEM-підходу дозволяє: підвищити пізнавальну активність учнів; формувати практичні навички та дослідницькі компетентності; розвивати критичне мислення; формувати науковий світогляд учнів та усвідомлення значення біотехнологій у сучасному світі.

Незважаючи на отримані позитивні результати, існує кілька напрямів для подальшого вдосконалення методики: використання цифрових технологій та віртуальних лабораторій для моделювання біотехнологічних процесів; розширення застосування STEM-підходу, інтеграція знань з природничих наук, технологій, інженерії та математики; збільшення практичної складової навчання, проведення міні-лабораторних робіт, дослідницьких проектів та наукових міні-досліджень.

Ці кроки сприятимуть підвищенню якості навчання, розвитку наукового мислення та формуванню дослідницьких компетентностей учнів. Проведене експериментальне дослідження ефективності розробленої методики викладання теми «Біотехнологічні методи *in vitro*» у шкільному курсі біології дозволило визначити значні переваги інтерактивних та дослідницьких підходів у навчальному процесі. Аналіз проведених уроків, результатів навчальної діяльності учнів та порівняльних показників контрольної та експериментальної груп підтвердив високу ефективність використання розробленої методики для формування біотехнологічних компетентностей.

У ході роботи педагогічного експерименту було встановлено, що впровадження інтерактивних методів, дидактичних завдань різного рівня складності, STEM-підходу та елементів дослідницької діяльності значно підвищує пізнавальну активність учнів, сприяє розвитку критичного мислення, аналітичних навичок та здатності застосовувати отримані знання на практиці. Особливо ефективними виявилися практичні завдання та

лабораторні моделювання процесів *in vitro* (за допомогою електронних лабораторій) які стимулюють активну участь учнів, формують уміння спостерігати, аналізувати результати та робити висновки.

Порівняльний аналіз рівнів знань учнів до та після проведення уроку показав позитивну динаміку всіх рівнів засвоєння матеріалу – репродуктивного, аналітичного та творчого. Значний приріст спостерігається на творчому рівні, що свідчить про розвиток дослідницьких компетентностей та умінь учнів самостійно вирішувати навчальні та практичні завдання. Також завдяки дослідженню було виявило, що активна участь учнів у навчальному процесі, виконання групових проектів, дискусій та міні-лабораторних робіт сприяє формуванню наукового світогляду, підвищенню мотивації та усвідомленню практичного значення біотехнологічних знань у сучасному світі.

Виявлені проблеми були ефективно подолані шляхом застосування інтерактивних методів, цифрових симуляцій, диференційованих завдань та міні-лабораторних проектів. Запропонована таблиця «Проблеми – Методи – Очікуваний ефект» та логічні схеми моделі формування компетентностей наочно демонструють, як системне поєднання методів навчання, активності учнів та практичної спрямованості уроку забезпечує комплексний розвиток біотехнологічних умінь та знань.

Таким чином, результати експериментального дослідження підтверджують ефективність розробленої методики та демонструють її значний потенціал для формування комплексних пізнавальних, дослідницьких та практичних компетентностей учнів, а також розвитку наукового світогляду та зацікавленості у сучасній біології.

# ВИСНОВОК

Теоретичний аналіз наукових джерел показав, що сучасна біотехнологічна освіта є ключовим елементом підготовки висококваліфікованих фахівців, забезпечує розвиток критичного мислення, дослідницьких навичок, умінь аналізувати інформацію та застосовувати знання на практиці. Було встановлено, що ефективне формування компетентностей потребує комплексного підходу, який поєднує ґрунтовне засвоєння теоретичних знань із практичною діяльністю, лабораторними дослідженнями та інтерактивними методами навчання.

У першому розділі роботи проаналізовано теоретичні основи біотехнології та визначено поняття біотехнологічних компетентностей, їх складові та значення для навчальної та професійної діяльності. Було розглянуто сучасний стан формування компетентностей у системі освіти, а також проблеми, з якими стикаються учні під час засвоєння матеріалу, зокрема недостатній рівень практичної підготовки, складність розуміння нових термінів і концепцій, а також потреба у використанні сучасних педагогічних методик. Теоретична частина дозволила визначити критерії ефективності навчання, що стали основою для розробки методичних підходів у наступних розділах.

Другий розділ присвячено методиці дослідження, де було визначено об’єкт, предмет, мету та завдання дослідження, а також розглянуто організацію експериментальної роботи. Було сформовано експериментальну та контрольну групи учнів, що дало змогу оцінити ефективність застосування запропонованих методичних прийомів. У процесі експерименту використовувалися різні форми активного навчання: лабораторні дослідження, інтерактивні заняття, аналіз біотехнологічних процесів, проектна діяльність та інші практичні завдання, які стимулюють розвиток компетентностей. Було детально описано умови експерименту, етапи його проведення, а також критерії оцінювання результатів, що дозволило

отримати достовірні дані та об’єктивно порівняти рівень знань учнів експериментальної та контрольної груп.

Третій розділ містить аналіз результатів експериментальної роботи та їх обговорення. Результати показали, що учні експериментальної групи значно покращили свої знання з біотехнології, підвищили практичні навички та здатність до аналітичного мислення у порівнянні з контрольною групою. Виявлено, що найбільш ефективними є інтерактивні методи навчання, поєднання теоретичних занять з практичними експериментами саме тут відбувається найбільша активність учнів. У ході дослідження також було виявлено основні труднощі та проблеми, які виникають під час навчання та викладання біотехнології. Розроблені методичні рекомендації дозволяють ефективно подолати ці труднощі та сприяють більш глибокому засвоєнню знань, а також розвитку практичних навичок учнів.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання отриманих результатів для вдосконалення навчально-методичної роботи у школах. Запропоновані методики та прийоми можуть бути застосовані для організації лабораторних занять, проєктної діяльності, підготовки учнів до науково-дослідницької роботи, а також для покращення інтеграції міждисциплінарних знань. Впровадження результатів дослідження дозволяє підвищити ефективність та зацікавленість у навчанні.

Крім освітнього та професійного значення, формування біотехнологічних компетентностей учнів має важливу соціально-екологічну роль. У сучасних умовах, коли частина природних екосистем України зазнала значних руйнувань через воєнні дії, навчання учнів біотехнології стає особливо актуальним. Набуті знання та практичні навички дозволяють майбутнім фахівцям брати участь у відновленні біорізноманіття, відновлення ґрунтів і водних об’єктів, озеленення територій та інших проектах з відновлення екосистем. Таким чином, освітній процес у сфері біотехнології готує учнів до активної участі у забезпеченні екологічного відновлення

України та сприяє формуванню відповідального ставлення до природних ресурсів і сталого розвитку.

Таким чином, проведена робота підтвердила, що систематичне впровадження сучасних методик навчання у сфері біотехнології сприяє підвищенню рівня компетентностей учнів, розвитку практичних навичок та аналітичного мислення, а також формує міцну основу для подальшого професійного, наукового та соціально-екологічного розвитку. Результати дослідження показують важливість інтеграції теоретичних знань із практичною діяльністю, активного використання лабораторних, а також дослідницьких методів та організації навчання, що стимулює самостійну активність учнів. Отримані висновки можуть бути використані для розробки нових навчальних програм, удосконалення методичного забезпечення курсів біотехнології, підвищення загальної якості освіти та підготовки учнів до відновлення екосистем України після воєнних руйнувань.

# ДОДАТКИ

# Додаток А

Критерії оцінювання результатів учнів

| Рівень | Кількість завдань | Максимальні бали | Опис оцінювання |
|---|---|---|---|
| I | 6 | 3 | по 0,5 балу за правильну відповідь |
| II | 2 | 4 | по 2 бала за правильне співвідношення |
| III | 2 | 5 | по 2,5 бали за повну правильну відповідь, часткова відповідь -1 бал |

Бали з усіх трьох рівнів сумуються = 12 балів.

Шкала оцінок

| Кількість балів | Рівень знань |
|---|---|
| 12-10 балів | Відмінно |
| 9-7 балів | Добре |
| 6- 4 балів | Задовільно |
| Менше 4 балів | Низький рівень |

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авксентьєва О. О., Шулік В. В. Біотехнологія: теорія та практика. К.: Наукова думка, 2017. 312 с.

2. Біотехнології та біоінженерія. Вступ до фаху : навчальний посібник / О. І. Юлевич С. І. Луговий, О. І. Каратєєва, Є. В. Баркарь. Миколаїв : МНАУ, 2022. 285 с.

3. Біотехнологія / Миколайко В.П., Миколайко І.І. Навч. посібник. Умань: ВПЦ «Візаві». 2011. 207 с.

4. Біотехнологія : підручник / В. Г. Герасименко та ін. ; за ред. В. Г. Герасименка. К. : Фірма «ІНКОС», 2007. 647 с.

5. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи. Кунах В.А. К.: Логос, 2005. 730 с.

6. Булик О. В., Кунах В. А. Використання методів *in vitro* для збереження рідкісних та зникаючих видів рослин (огляд). *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 20. С. 45–51.

7. Вершигора А. Ю. Загальна мікробіологія : підручник. Київ : Вища школа, 1995. 384 с.

8. Галкін О. Ю., Дуган О. М. Клітинна інженерія та її застосування в сучасній біотехнології і медицині. *Біофармацевтичний журнал*. 2012. № 4 (22). С. 12–19.

9. Грицай Н. Б. Проектна та дослідницька діяльність учнів з біології як засіб реалізації STEM-освіти. *Нова педагогічна думка*. 2020. Т. 102, № 2. С. 89–94.

10. Грищенко В. І., Паращук Ю. С. Допоміжні репродуктивні технології: від теорії до практики : навч. посібник. Харків : Торнадо, 2003. 208 с.

11. Державний стандарт базової середньої освіти : Постанова Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898. *Офіційний вісник України*. 2020. № 81. С. 31.

12. Дзюбенко О. В., Мельничук М. Д. Отримання безвірусного посадкового матеріалу методом культури тканин *in vitro*. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 4. С. 42–46.

13. Дробик Н. М., Гуменюк Г. Б., Грубінко В. В. Лабораторний практикум з біотехнології. Тернопіль, 2019. 124 с.

14. Екологічні наслідки військових дій в Україні : аналітична доповідь / за ред. О. В. Скрипника. Київ : Інститут екології НАН України, 2023. 112 с.

15. Задорожний К. М. Проблеми та перспективи вивчення сучасних біотехнологій у шкільному курсі біології. *Актуальні питання біологічної освіти в школі та виші*. Харків, 2021. С. 32–37.

16. Іваненко Т. Г., Лук'яненко Н. М. Біологія людини: підручник для 8 класу. Львів: Літера ЛТД, 2022. 304 с.

17. Іншина Н. М. Біотехнологія : навч. посіб. Суми : Видавництво СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2009. 172 с. 27.

18. Калінін Ф. Л., Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Технологія мікроклонального розмноження рослин. Київ : Наукова думка, 1992. 232 с.

19. Карпов О. В., Демидов С. В., Кир'яченко С. С. Клітинна та генна інженерія : підручник. Київ : Фітосоціоцентр, 2010. 208 с.

20. Кваша С. М., Мельник В. І. Вплив бойових дій на природно-заповідний фонд України та біорізноманіття рослинного світу. *Український ботанічний журнал*. 2024. Т. 81, № 1. С. 34–45.

21. Кляченко О.Л., Мельничук М.Д., Коломієць Ю.В. Біоінженерія. Вінниця, «ТОВ Нілан-ЛТД.», 2015. 456 с.

22. Корсак О. В., Кунах В. А. Роль міждисциплінарних досліджень у розвитку сучасної біології та медицини. *Вісник НАН України*. 2016. № 5. С. 45–53.

23. Костіков І. Ю., Риков В. М., Риков Г. В. Біологія. 6 клас. Київ: Освіта, 2020. 280 с.

24. Кунах В. А. Біотехнологія рослин для поліпшення умов життя людини. *Biotechnologia Acta*. 2008. Т. 1, № 1. С. 28–39.

25. Кунах В. А. Біотехнологія рослин. Клітинна селекція : підручник. К. : Логос, 2005. 323 с.

26. Кунах В.А. Еволюція клітинних популяцій *in vitro*: особливості і рушійні сили. *Селекційно-генетична наука і освіта: матер. міжнародної наукової конференції* (м. Умань, 16–18 березня 2016 р.). Умань: УНУС, 2016. С. 197–202.

27. Кунах М. Регенерація рослин із окремих клітин. *Експериментальна ботаніка*. 1950. №5. С. 35–52.

28. Курта С. А. Промислові біотехнології : курс лекцій. Івано-Франківськ : Супрун В.П., 2018. 197 с.

29. Лобова О.В. Біотехнології: навч. посібник. К.: Видавництво НУБіП України, 2021. 548 с.

30. Малієнко В.А., Небиков М.В. Перспективи використання молекулярногенетичних маркерів для дослідження геномної мінливості горобини звичайної *Sorbus aucuparia* L. *Селекційно-генетична наука і освіта*: матер. міжнародної наукової конференції. Умань: УНУС, 2016. С. 218–220.

31. Матвєєва Н. О., Ткач В. В. Фізіолого-біохімічні параметри росту рослин за мікроклонального розмноження в умовах лабораторії *Plant Micropropagation* ПНУ. *Карпатський математичний та природничий вісник*. 2025. Т. 17, № 1. С. 88–96.

32. Матяш Н. Ю., Степанюк А. В. Формування дослідницьких умінь учнів у процесі навчання біології. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2018. № 3. С. 14–18.

33. Мельник Т. І., Мельник В. І. Інноваційні методи отримання безвірусного садивного матеріалу в умовах Навчально-наукової лабораторії біотехнологічних досліджень *in vitro* СНАУ. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2023. Вип. 2 (52). С. 45–51.

34. Мельничук М. Д., Новак Т. В., Клюваденко А. А. Біотехнологія рослин : підручник. Київ : ЦУЛ, 2010. 424 с.

35. Мельничук М. Д., Новіков В. П., Цвіліховський М. С. Біотехнологія : підручник. К. : Колобіг, 2010. 560 с.

36. Методичні рекомендації з біотехнології *in vitro*. К., 2022. 48 с.

37. Нова українська школа: концептуальні засади реформування середньої школи / М. О. Грищенко (заг. ред.). Київ : Міністерство освіти і науки України, 2016. 34 с.

38. Основи біотехнології: підручник для студ. освітнього рівня бакалавр спец. «Біологія». Уклад. Н. Ю. Мацай. Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2011. 153 с.

39. Остапченко Л. І., Балан П. Г., Матяш Н. Ю. Біологія. 6 клас. Київ: Генеза, 2014. 256 с.

40. Офіційний вебпортал Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. ЕкоЗагроза: моніторинг збитків довкіллю внаслідок війни. URL: https://mepr.gov.ua

41. Патрикєєва О. О., Василашко І. П. Розвиток STEM-освіти в Україні: від теорії до практичного впровадження. *Рідна школа*. 2019. № 3. С. 41–47.

42. Пирог Т. П. Становлення та розвиток біотехнології. Загальна біотехнологія : підручник. Київ : НУХТ, 2009. С. 9-16.

43. Пирог Т. П., Антонюк М. М., Скроцька О. І., Кігель Н. Ф. Харчова біотехнологія: підручник. Київ: Ліра, 2016. 408 с.

44. Рибальченко А. М., Криворучко Л. М. Мікроклональне розмноження в культурі *in vitro*: можливості та переваги використання. *Природничі науки*. 2024. Т. 8, № 2. С. 89–98.

45. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Любченко А. І., Сержук О. П. Техніка стерилізації та введення експлантів в культуру *in vitro*. Методичні рекомендації для проведення лабораторно-практичних занять з дисциплін

«Основи біотехнології рослин», «Біотехнологія в насінництві та насіннєзнавстві», «Екологічні біотехнології», «Культура дигаплоїдів *in vitro*», «Біотехнологія і системи вирощування оздоровленого садивного матеріалу плодових, овочевих рослин і винограду» зі спеціальностей 201. Умань: УНУС, 2016. 18 с.

46. Соболь В. І. Біологія : підручник для 7 класу закладів загальної середньої освіти. Кам'янець-Подільський : Видавництво Абетка, 2024. 280 с.

47. Соболь В. І. Біологія : підручник для 8 класу закладів загальної середньої освіти. Кам'янець-Подільський : Видавництво Абетка, 2025. 280 с.

48. Соболь В. І. Біологія : підручник для 9 класу закладів загальної середньої освіти. Кам'янець-Подільський : Видавництво Абетка, 2017. 288 с.

49. Суханова О. А., Новак Т. В. Оптимізація живильних середовищ для введення в культуру *in vitro* технічних та ягідних культур. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2024. № 1 (107).

50. Товкач Ю. В., Корсак О. В. Моделювання патологічних процесів *in vitro* як альтернатива експериментам на тваринах: біоетичні та практичні аспекти. *Медична наука та практика*. 2019. Т. 7, № 2. С. 34–41.

51. Хоменко В. І., Василенко О. М. Деградація та забруднення ґрунтів України внаслідок військової агресії: виклики для сільського господарства. Агроекологічний журнал. 2024. № 2. С. 15–23.

52. Черевченко Т. М., Іванников Р. В. Роль ботанічних садів та методів *in vitro* у відновленні рослинного світу України у повоєнний період. *Вісник НАН України*. 2025. № 3. С. 50–58.

53. Черевченко Т. М., Лаврентьєва А. Н., Іванников Р. В. Біотехнологія тропічних і субтропічних рослин *in vitro*. Київ : Фітосоціоцентр, 2008. 560 с.

54. Юзько О. М., Юзько Т. А. Допоміжні репродуктивні технології в лікуванні безпліддя: історія, сучасний стан та перспективи розвитку. *Здоров'я жінки*. 2017. № 5 (121). С. 18–24.

55. Юлевич О. І., Луговий С. І., Каратєєва О. І., Баркарь Є. В.

Біотехнології та біоінженерія. Вступ до фаху : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2022. 285 с.

56. Diordiieva, T. Plant breeding and biotechnology in ancient times. Kyiv: Agrarian Science, 2021. 224 p.

57. Ereky K. Biotechnologie der Fleisch-, Fett-, und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Grossbetriebe. Berlin : Paul Parey, 1919. 124 p

58. Espinosa-Leal C. A., Puente-Garza C. A., García-Lara S. In vitro plant tissue culture: means for production of biologically active compounds. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2018. Vol. 133. P. 1–25.

59. George E. F., Hall M. A., De Klerk G.-J. Plant Tissue Culture: Essential Methods. Springer, 2008.

60. George, E. F. Plant propagation by tissue culture. London: Exegetics Ltd., 1993. 501 p

61. Pasternak, T., Steinmacher, D. In vitro plant regeneration: hormonal regulation and applications. Plant Cell Reports, 2025. Vol. 44, №3. P. 125–140.

62. Plant Biotechnology: Applications in In Vitro Plant Conservation and Micropropagation. Horticulturae (MDPI). 2023. ol. 9, № 4.