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 ЕКСПЕРИМЕНТУ З КУЛЬТУРОЮ *IN VITRO* ЯК ЗАСОБУ ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ УМІНЬ УЧНІВ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ БІОЛОГІЇ**

Виконала: студентка ІІІ курсу, зу-33 групи
Лафенко Марія Сергіївна
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	ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ У НАВЧАННІ БІОЛОГІЇ……	7
1.1.	Сутність понять «експеримент», «дослідницькі уміння»	7
1.2.	Роль біологічного експерименту у формуванні дослідницьких умінь учнів……..	10
1.3.	Місце та значення експериментальної та дослідницької діяльності у процесі навчання біології……..	19
РОЗДІЛ 2	МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З КУЛЬТУРОЮ *IN VITRO* В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ БІОЛОГІЇ……	25
2.1.	Аналіз шкільних програм……	25
2.2.	Методика застосування технологій мікроклонального розмноження рослин у дослідницьких проектах, МАН з біології……	29
РОЗДІЛ 3	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ…….	34
3.1.	Організація та етапи педагогічного дослідження…….	34
3.2.	Діагностика рівня сформованості дослідницьких умінь учнів (аналіз результатів контрольних та експериментальних груп)……..	39
	ВИСНОВКИ…….	44
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……	47

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап трансформації вітчизняної системи освіти, зумовлений реалізацією концепції «Нова українська школа» та впровадженням Державного стандарту базової середньої освіти, вимагає докорінного переосмислення методичних підходів до навчання природничих дисциплін. Пріоритетним вектором стає перехід від пасивного, репродуктивного засвоєння готової інформації до компетентнісного та діяльнісного підходів. Серед ключових орієнтирів навчання особливе місце посідає формування дослідницької компетентності, яка безпосередньо виявляється у здатності учнів проводити самостійні дослідження природних об’єктів і явищ, логічно мислити, висувати гіпотези та критично оцінювати результати власної діяльності.

Основним інструментом розв’язання цих завдань у процесі навчання біології традиційно виступає навчальний експеримент. Емпіричний досвід, здобутий під час лабораторно-практичних занять, інтегрує теоретичні знання з реальними життєвими ситуаціями. Проте класичний шкільний біологічний експеримент часто обмежений часовими межами уроку, сезонністю біологічних об’єктів та описовим характером методик, що не завжди дозволяє учням повною мірою «прожити» процес наукового відкриття.

У цих умовах виникає об’єктивна потреба в залученні до задіяних методичних систем сучасних, високотехнологічних та водночас адаптованих до умов школи методів біологічної науки. Одним із таких перспективних засобів є шкільний експеримент із культурою клітин і тканин рослин *in vitro*. Використання елементів мікроклонального розмноження та калусогенезу дозволяє візуалізувати складні онтогенетичні та фізіологічні процеси (тотипотентність, диференціація тканин, регенерація) у «стиснутому» часі та контрольованих умовах. Робота зі стерильними культурами рослин формує у

здобувачів освіти не лише специфічні практичні навички (дотримання асептики, робота з мікротехнікою, моделювання середовищ), а й потужний комплекс інтелектуально-дослідницьких та контрольно-оцінних умінь. Організація такої діяльності є затребуваною не лише на базових уроках, а й під час виконання учнівських проєктів та досліджень у системі Малої академії наук України (МАН).

Незважаючи на значну кількість праць, присвячених методиці шкільного експерименту (О. Анічкіна, І. Мороз, Л. Нікітченко, М. Сидорович), потенціал та методичні умови використання біотехнологічних експериментів *in vitro* як інструменту розвитку дослідницьких умінь учнів 5–9 класів в умовах впровадження НУШ та програм поглибленого вивчення (наприклад, «Інтелект України») розкриті недостатньо. Наявне протиріччя між державним запитом на формування дослідницьких компетентностей школярів і браком цілісних методичних розробок із використання сучасних біотехнологічних методів в умовах закладу середньої освіти зумовило вибір теми нашого дослідження.

Об’єкт дослідження: процес навчання біології та природничих дисциплін учнів у закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження: методика використання експериментів з культурою *in vitro* як засобу формування дослідницьких умінь учнів 5–9 класів.

Мета дослідження: теоретично обґрунтувати, розробити та експериментально перевірити ефективність методики використання навчальних експериментів з культурою клітин і тканин рослин *in vitro* для формування дослідницьких умінь учнів у процесі навчання біології.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання дослідження:

1. Проаналізувати стан висвітлення проблеми формування дослідницьких умінь учнів засобами навчального експерименту в психолого-педагогічній та методичній літературі.

2. Здійснити аналіз чинних шкільних програм з біології та інтегрованих природничих курсів (зокрема програми «Інтелект України») з метою виявлення змістових ліній та можливостей для інтеграції методів культури *in vitro*.

3. Розробити методику застосування біотехнологічних експериментів (мікроклональне розмноження, калусогенез рослин) для урочної діяльності, самостійних дослідницьких проєктів та підготовки наукових робіт учнів у системі МАН.

4. Визначити критерії, показники та рівні сформованості дослідницьких умінь учнів у контексті роботи з ізольованими культурами тканин.

5. Експериментально перевірити ефективність розробленої методики в освітньому процесі та здійснити математико-статистичний аналіз отриманих результатів.

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: Лафенко М. С. Культура *in vitro* як інструмент формування дослідницьких навичок учнів на уроках біології. *Природничі науки в системі освіти. Матеріалів Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Умань, 5 травня, 2026 р.).* Умань, 2026. С. 123-125.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота викладена на 47 сторінках комп’ютерного тексту. Включає три розділи, висновки. Містить 4 таблиці. У списку використаних літературних джерел 58 найменувань.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ У НАВЧАННІ БІОЛОГІЇ

1.1. Сутність понять «експеримент» та «дослідницькі уміння» у навчанні біології

У сучасній педагогічній науці перехід до компетентнісного підходу вимагає від учнів не просто засвоєння суми знань, а опанування способів наукового пізнання. Ключовим інструментом у цьому процесі виступає експеримент. Фундаментальна роль експерименту в будь-якій галузі знань зумовлена можливістю апробації теоретичних висновків у штучно створених, контрольованих умовах [1].

У науковому дискурсі експеримент визначають як ключовий метод дослідження, що дає змогу перевіряти гіпотези, виявляти закономірності та встановлювати причинно-наслідкові зв’язки. Різні аспекти його застосування висвітлено в роботах зарубіжних учених, зокрема Дж. Гласса, Р. Готтсданкера, Д. Кемпбелла, У. Кокрена, Дж. Стенлі та інших, які зосереджували увагу на методологічних засадах і практичній реалізації експериментальних процедур [55–58].

Вітчизняні дослідники наголошують, що експеримент є сукупністю методів, спрямованих на об’єктивну й доказову перевірку гіпотез, що дозволяє глибше оцінити ефективність інновацій у педагогічному процесі, зіставити вплив різних чинників і визначити умови реалізації педагогічних завдань. Зокрема, у працях Г. Г. Ващенка експеримент трактується як спосіб поділу складного явища на окремі компоненти з подальшим їх самостійним вивченням, що підвищує точність аналізу [5]. О. Е. Жосан розглядає педагогічний експеримент як форму організації інноваційної діяльності, яка

спирається на нормативну базу та узагальнення досвіду експериментальної роботи закладів освіти [13, 14].

Мороз І. В. трактує поняття експеримент, як метод навчання, що передбачає вивчення біологічних об'єктів у спеціально створених умовах для виявлення їхніх властивостей чи функцій. Це «активне пізнання, під час якого учень стає суб'єктом дослідження» [27].

Лернер І.Я. розглядав експеримент як основу дослідницького методу навчання. Він зазначав, що сутність дослідницьких умінь полягає у здатності учня самостійно проходити всі етапи наукового пізнання. Він стверджував, що «Дослідницький метод навчання покликаний забезпечити творче застосування знань... він формує риси творчої особистості та уміння здобувати знання шляхом самостійного аналізу фактів» [18, 19].

Сухомлинський В. О. не завжди вживав термін «дослідницькі уміння» у сучасному вузькотехнічному сенсі, але він наголошував на ролі експерименту (особливо на пришкільній ділянці) як засобу виховання розуму. Він стверджував, що «дослід – це не просто спостереження, це шлях мислення від конкретного до абстрактного... Розум дитини знаходиться на кінчиках її пальців, а дослід наближає її до істини через працю та відкриття» [49].

Отже, експеримент у сучасній науці постає як універсальний інструмент пізнання, що поєднує методологічну багатовимірність, практичну орієнтацію та інноваційний потенціал розвитку педагогічної науки.

Експеримент (від лат. *experimentum* – спроба, дослід) у контексті навчання біології розглядається у двох аспектах [9]:

1. Як метод дослідження: цілеспрямоване втручання в життєдіяльність організмів у контрольованих умовах з метою виявлення певних закономірностей;

2. Як засіб навчання: форма практичної роботи, де учні під керівництвом учителя (або самостійно) відтворюють природні явища для їх вивчення. У навчанні біології та хімії він дозволяє учням «прожити» процес відкриття.

Основними ознаками експерименту є: наявність гіпотези, активний вплив на об’єкт дослідження, можливість відтворення результатів. Варто зазначити, що біологічний експеримент дозволяє візуалізувати складні фізіологічні процеси, які неможливо побачити при простому спостережені [9, 10].

Сучасна програма Нової української школи орієнтована на компетентнісний підхід. Дослідницька компетентність є однією з ключових. Варто зазначити, що біологічний експеримент у школі часто обмежений часом, а робота з культурами тканин дозволяє учням побачити складні процеси такі як: онтогенез, регенерацію, у «стиснутому» часі та контрольованих умовах. Саме під час виконання експерименту зростає рівень самостійності учня, перехід від ілюстративних дослідів (де результат відомий) до евристичних або дослідницьких (де учень сам шукає відповідь) [15]. Отже, експеримент є не лише ілюстрацією до підручника, а основним інструментом формування природничої компетентності.

Разом з поняттям експеримент виникає поняття дослідницькі уміння. Лернер І. Я. один із перших обґрунтував засади залучення учнів до пошукової діяльності, він пов’язував дослідницькі уміння з творчим перетворенням досвіду [18, 19].

Степанюк М.М. трактує поняття дослідницькі уміння, як здатність особистості свідомо виконувати дії щодо розв’язання поставленої проблеми шляхом застосування методів наукового пізнання (спостереження, опис, вимірювання, експеримент) [48].

Сучасний етап розвитку вітчизняної освіти характеризується впровадженням Державного стандарту базової середньої освіти, який визначає мету природничої освітньої галузі через формування наукового світогляду та розвиток компетентностей. Згідно з текстом Стандарту, одним із ключових орієнтирів навчання є здатність учня проводити дослідження природних об’єктів і явищ.

Зокрема, Державний стандарт передбачає [11], що випускник закладу загальної середньої освіти має опанувати такі складники дослідницької діяльності:

1. Визначення проблеми: вміння ставити запитання про навколишній світ та формулювати мету дослідження.
2. Планування: здатність обирати методи (спостереження, експеримент), обладнання та планувати послідовність дій.
3. Проведення дослідження: безпосередня робота з біологічними об’єктами, дотримання правил безпеки та отримання даних.
4. Аналіз та інтерпретація: уміння обробляти результати, порівнювати їх з очікуваними та робити аргументовані висновки.

Таким чином, формування дослідницьких умінь сьогодні є не просто методичною рекомендацією, а державною вимогою, спрямованою на розвиток критичного мислення та здатності учнів застосовувати науковий метод у повсякденному житті.

1.2. Роль біологічного експерименту у формуванні дослідницьких умінь учнів

На сучасному етапі розвитку суспільства пріоритетом освіти є становлення особистості як головного інтелектуального та культурного ресурсу нації. Впровадження концепції Нової української школи (НУШ)

базується на діяльнісному підході, що передбачає перехід від пасивного засвоєння інформації до активної практичної роботи учнів. Використання експериментальних методів допомагає вчителю наочно продемонструвати природні явища, активізувати пізнавальний інтерес школярів, забезпечити глибинне засвоєння понять та дати інструменти для практичної верифікації здобутих знань [10, 33].

Використання біологічного експерименту в освітньому процесі є потужним інструментом візуалізації природних явищ, що сприяє активізації сенсорного сприйняття та глибинному засвоєнню біологічних концепцій. Основна мета такого методу полягає у цілеспрямованому впливі на об’єкт дослідження для виявлення прихованих характеристик, недоступних для звичайного спостереження [8].

Біологічний експеримент на уроці є важливим засобом активізації пізнавальної діяльності учнів, сприяє формуванню наукового світогляду, розвитку стійкого інтересу до біології, а також формує уявлення про практичне застосування біологічних знань у повсякденному житті. О.В. Анічкіна підкреслює, що навчальний експеримент має спільну основу з науковим, у чому й полягає його особлива цінність [1]. Саме завдяки експерименту учні здобувають не абстрактні, а конкретні знання про речовини та їхні перетворення [9, 10].

Використання біологічного експерименту дає змогу вчителю відтворювати явища навколишнього світу, стимулювати й активізувати чуттєве сприйняття учнів, сприяти формуванню біологічних уявлень і понять, а також забезпечує можливість практичної перевірки достовірності біологічних знань. Біологічний експеримент виконує інформаційно-дослідницьку функцію, оскільки сприяє глибшому науковому розумінню структури та сутності біологічних явищ і процесів, а також реалізації наочності на різних рівнях пізнання. Його застосування також охоплює

мотиваційний, практично-діяльнісний, дослідницький і творчий аспекти навчальної діяльності учнів, підвищуючи їхній інтерес до вивчення біології та біологічної освіти загалом [10, 27].

Метою біологічного експерименту є цілеспрямований вплив на об’єкт дослідження з метою отримання інформації, яка без такого втручання була б недоступною для безпосереднього спостереження, аналізу чи сприйняття [31]. У цьому контексті біологічний експеримент забезпечує реалізацію трьох ключових дидактичних функцій: освітньої, розвивальної та виховної. Зокрема, освітня функція полягає у формуванні в учнів розуміння біологічних явищ, процесів, законів і теорій, засвоєнні біологічних понять, умінні аналізувати взаємозв’язки та встановлювати причинно-наслідкові залежності. Крім того, учні оволодівають методами біологічних досліджень і набувають навичок планування та проведення спостережень [27, 29]. Розвивальна функція спрямована на формування позитивної мотивації до вивчення біології, що стає основою для поглиблення інтересу до предмета та стимулює пізнавальну активність на уроках. Виховна функція передбачає розвиток таких якостей, як точність, уважність, спостережливість і самостійність у роботі, а також формування навичок самоконтролю під час досягнення мети експерименту та залучення учнів до цілеспрямованої діяльності наукового характеру [51].

До шкільного біологічного експерименту ставляться певні вимоги: він має бути доступним для учнів, наочним і пізнавально цінним. Важливо, щоб експеримент характеризувався елементом суб’єктивної новизни, мав практичну значущість і викликав інтерес до вивчення біологічних явищ і процесів. У навчальному процесі експерименти слід проводити послідовно й систематично, забезпечуючи при цьому розвиток творчо-пошукової активності учнів, як передумови формування їхньої дослідницької компетентності [21].

Особливість біологічного експерименту полягає в тому, що його демонстрація або фіксація кінцевих результатів дає можливість упродовж короткого часу наочно пояснити новий матеріал, сприяє кращому засвоєнню біологічних термінів, понять і теорій, що, своєю чергою, підвищує ефективність навчання та дозволяє раціонально використовувати навчальний час.

Важливою особливістю біологічного експерименту, як стверджують Величко Л. П., Грицай Н. Б., є його багатогранна класифікаційна структура. Виступаючи дієвим інструментом моделювання, він може реалізовуватися у віртуальній, інформаційній або натурній (реальній) формах [7].

Залежно від мети дослідження, експерименти класифікують на: пошукові (дослідницькі), які орієнтовані на виявлення раніше невідомих характеристик біологічного об’єкта; верифікаційні або перевірочні, спрямовані на підтвердження наявних теоретичних гіпотез чи закономірностей [12].

З огляду на методику та тип отриманих даних, виділяють: якісні експерименти, які мають пошуковий характер і констатують наявність чи відсутність певного явища без його точного вимірювання; кількісні експерименти, які націлені на отримання прецизійних числових показників, що характеризують досліджувані об’єкти чи процеси [30].

У структурі біологічної освіти обов’язковим компонентом є проведення експериментів, що сприяє зміщенню акценту з вивчення сухої теорії на розвиток особистості учня. Основна ідея шкільних навчальних програм з біології полягає у формуванні прикладних знань, які стають інструментом для подолання життєвих викликів, ефективної соціалізації та досягнення індивідуального добробуту [10, 11].

На думку науковців [10, 24], організація шкільного біологічного експерименту в межах сучасних освітніх парадигм має відповідати таким критеріям:

1. Теоретична обґрунтованість – дослідна робота повинна логічно випливати з опанованого навчального матеріалу.

2. Адаптивність – обов'язкове врахування матеріально-технічної бази школи та психофізіологічного розвитку учнів.

3. Прикладний вектор – акцент на ролі біології у суспільному прогресі та розв'язанні побутових завдань.

4. Міждисциплінарність – реалізація інтегративного підходу під час проведення досліджень.

5. Технологічність – використання актуальних цифрових інструментів та сучасних методик викладання.

6. Екоцентризм – спрямованість експериментальної діяльності на формування екологічної відповідальності.

7. Мультимодальність – забезпечення візуалізації та доступності матеріалу для всіх типів сприйняття.

Біологія належить до наук, де емпіричний досвід відіграє вирішальну роль у верифікації теоретичних положень. Глибоке засвоєння навчального матеріалу стає можливим завдяки залученню учнів до біологічного експерименту, що інтегрує лабораторні та практичні роботи. Саме через експериментальну діяльність реалізується формування комплексу дослідницьких навичок: від проведення вимірювань і спостережень до аналізу, систематизації та практичного підтвердження наукових гіпотез в умовах сучасної компетентнісно орієнтованої освіти [20].

Таким чином, експеримент виступає сполучною ланкою між теорією та практикою, трансформуючи пасивні знання в активні дії. Систематичне впровадження дослідних методів у навчальний процес сприяє не лише

ґрунтовному вивченню дисципліни, а й загальному підвищенню якості освітніх результатів [36].

Нікітченко Л.О. вважає, що систематичне впровадження дослідницького компонента в освітній процес не лише інтенсифікує викладання біології, а й суттєво підвищує пізнавальний інтерес учнів [31, 32]. Фундаторські ідеї щодо застосування експериментального методу в природничій освіті належать таким науковцям, як Р. Армстронг, Т. Гекслі, Г. Мендель та У. Гарвей. Саме вони обґрунтували доцільність формування дослідницьких навичок безпосередньо під час вивчення живих систем та явищ [29, 35].

У змістовому плані систему знань, необхідних для такої діяльності, можна розділити на два блоки:

1. Предметно-теоретичний, який охоплює фундаментальні біологічні знання, що є базою для ідентифікації та розуміння об’єктів живої природи.

2. Процесуально-методичний, який містить спеціальні знання про алгоритми організації та техніку реалізації біологічного експерименту.

Ефективна організація експериментальної діяльності в курсі біології вимагає від здобувачів освіти наявності не лише комплексу ключових компетентностей (зокрема, громадянської, інформаційної, соціальної та проєктно-технологічної), а й розвиненої предметної складової. Під поняттям «предметна компетентність» розуміють інтегрований досвід учня, сформований під час вивчення дисципліни. Він охоплює засвоєння наукових фактів та їх усвідомлене застосування в практичних ситуаціях, а також здатність критично оцінювати значення біологічних знань для індивідуального та суспільного розвитку [22, 23].

Згідно з концепцією Н. Ю. Матяш, біологічна компетентність постає як комплексне особистісне новоутворення [23]. Воно синтезує фундаментальну

теоретичну базу, практичний досвід, а також етичне ставлення до живого, що зрештою визначає готовність учня до прийняття відповідальних рішень у реальних життєвих умовах та формування власної світоглядної позиції. Структура предметної компетентності в біології за Н. Ю. Матяш охоплює логіко-змістовий, пізнавальний, операційний та дослідницький компоненти, що забезпечує цілісний розвиток особистості в процесі вивчення живих систем [20].

Нікітченко Л. О. та інші трактують біологічну компетентність як динамічну систему знань, інтелектуальних навичок та ціннісних орієнтирів [32, 40]. Ця комбінація забезпечує здатність учня до практичної верифікації біологічних законів і процесів у ситуаціях, що потребують емпіричного підтвердження. Ними було визначено таку структуру біологічної компетентності: когнітивна складова (теоретична обізнаність); конструктивно-дослідницька складова (проєктування та реалізація експериментів); практично-ціннісна складова (застосування знань з урахуванням етичних норм); творчо-пошукова складова (креативне розв’язання нестандартних задач).

Успішна реалізація шкільного біологічного експерименту ґрунтується на поєднанні теоретичного базису та володінні учнями специфічним інструментарієм і техніками. Згідно з джерелом [9, 10], ключове значення мають такі практичні навички: робота зі збільшувальною технікою, виготовлення та мікроскопія тимчасових препаратів, а також опанування алгоритмів постановки базових дослідів, проведення систематичних спостережень та здійснення рефлексії.

Водночас результативність експериментальної діяльності детермінується сукупністю педагогічних умов. До них належать: сформованість мотиваційної готовності здобувачів освіти, відповідність цілей і завдань когнітивним можливостям учнів, наявність чітких

інструктивних схем дій. Визначальним фактором є зміна моделі взаємодії «вчитель – учень», де педагог виступає модератором та консультантом, делегуючи безпосереднє виконання досліду школяреві для стимулювання його самостійності.

Функціональне призначення шкільного біологічного експерименту полягає в апробації та верифікації теоретичних положень, опанованих учнями під час занять. Сидорович М.М. [41] стверджує, що експериментальна діяльність у системі біологічної освіти виступає одночасно об’єктом пізнання, ключовим методом наукового пошуку та дієвим інструментом здобуття нових знань, що стимулює розуміння фундаментальних природничих закономірностей.

До ефективного експерименту висувається низка методичних вимог: він має бути науково обґрунтованим, наочним, переконливим та адаптованим до вікових особливостей школярів. Часова тривалість досліду повинна корелювати з межами уроку (короткострокові досліди) або передбачати попередню експозицію. Обов’язковими умовами є відповідність змісту навчальній програмі та суворе дотримання правил техніки безпеки [40].

Характерною особливістю таких досліджень є залучення натуральних об’єктів та допоміжного обладнання. Варто наголосити, що при роботі з живими істотами (тваринами) освітній процес має суворо підпорядковуватися нормам Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» [39].

Гармонійна інтеграція натуральних об’єктів та їх мультимедійних репрезентацій у педагогічному процесі є запорукою ефективного формування біологічної компетентності школярів. Сучасна трансформація біологічної освіти, зумовлена широким впровадженням дистанційних технологій, суттєво розширила інструментарій візуалізації біологічних систем. Завдяки спеціалізованому програмному забезпеченню стає можливою об’єктивізація

складних мікробіологічних та фізіологічних процесів, які раніше були недоступні для безпосереднього спостереження [3, 37].

Використання віртуальних лабораторій, платформ 3D-моделювання, технологій доповненої реальності та потенціалу STEM-центрів створює передумови для реалізації віртуального біологічного експерименту як інноваційної форми навчання. Результативність опанування досвіду пізнавальної діяльності безпосередньо залежить від обґрунтованості вибору дидактичних засобів, що мають корелювати зі змістом теми, рівнем підготовки та віковими психофізіологічними особливостями учнів. Системне поєднання цих елементів дозволяє створювати варіативні дидактичні комплекси, адаптовані до конкретних освітніх завдань [47].

Центральне місце у структурі дидактичного комплексу належить шкільному біологічному експерименту, оскільки він інтегрує функціональні можливості різноманітних засобів навчання, оскільки, за твердженням Нікітченко Л.О., він інтегрує функціональні можливості різноманітних засобів навчання [31]. Зокрема, під час викладання нового матеріалу доцільно поєднувати демонстрацію класичних досліджень із залученням учнів до самостійної експериментальної діяльності. Добір засобів навчання для уроків такого типу має чітко корелювати з етапами пізнавальної діяльності школярів. Так, на стадії первинного сприйняття пріоритет надається роботі з натуральними об’єктами, а за їх відсутності – використанню технічних засобів візуалізації, таких як цифрові світлини, навчальні відеоматеріали або 3D-моделювання [30].

Процес осмислення навчальної інформації потребує активного залучення роздаткового матеріалу (гербаріїв, муляжів) та спеціалізованого обладнання, зокрема мікроскопів. На стадії узагальнення пріоритет надається самостійній роботі здобувачів освіти, яка передбачає систематизацію та візуалізацію вивченого матеріалу через створення схем, таблиць та

використання допоміжних засобів наочності. Заключний етап – закріплення – може бути реалізований через розробку опорних карток, роботу у віртуальних лабораторіях або виконання практичних дослідів як під час уроків, так і в домашніх умовах [42].

Вибір інструментарію для біологічного експерименту суттєво детермінується темою та типом заняття. Наприклад, при вивченні закономірностей успадкування ознак у 9-му класі доцільно інтегрувати віртуальні тренажери для моделювання схем схрещування та візуалізації механізмів мінливості. Ефективним доповненням стануть науково-популярні фільми, що демонструють класичну методологію генетичних розвідок та розкривають сутність законів Г. Менделя й особливості взаємодії генів [44].

Отже, біологічний експеримент є багатофункціональним засобом навчання, що цілком відповідає сучасним вимогам НУШ щодо активізації пізнавальної діяльності школярів. Впровадження експериментального методу є необхідною умовою для виконання вимог Державного стандарту, оскільки він дозволяє трансформувати знання у практичні вміння. Дослідна робота не лише розширює науковий світогляд учнів, а й закладає фундамент для розвитку їхнього творчого потенціалу та критичного мислення. Враховуючи, що експеримент поєднує в собі функції методу та засобу наочності, пріоритетним вектором нашого дослідження є розробка методики його проведення в умовах цифрової трансформації освіти.

1.3. Місце та значення експериментальної та дослідницької діяльності у процесі навчання біології

Пріоритетом сучасної освіти є формування життєво компетентного випускника, здатного до творчого мислення та відповідального вибору. Це вимагає від педагога переходу до інноваційних методів навчання. Замість

простої передачі інформації, вчитель має зосередитися на розвитку інтелектуальної активності учнів та їхньої здатності діяти автономно в реальних життєвих умовах [4].

Реалізація цих завдань можлива через впровадження інтеграції, творчих методів та дослідницького підходу, особливо у процесі вивчення біології. Для учнів старшої (профільної) школи найкращим інструментом реалізації дослідницького підходу в позаурочний час є проєктна діяльність та довготривалі експерименти (наприклад, на базі шкільних теплиць, пришкільних ділянок чи мінілабораторій). Дослідницька практика дозволяє школярам самостійно відкривати нові знання, що зміцнює їхню впевненість у власних силах, формує позитивну самооцінку та стимулює стійкий інтерес до навчання через відчуття успіху та стимулює стійкий інтерес до навчання через відчуття успіху, що найефективніше реалізується під час виконання довготривалих дослідницьких проєктів із моделювання живих систем у позаурочний час [16].

Теоретичне підґрунтя та практичні аспекти організації дослідницької діяльності висвітлені у працях низки відомих науковців, серед яких А. Альбрехт, К. Баханов, І. Лернер, О. Пометун та інші [10]. Автори не лише довели значущість дослідницького підходу для розвитку особистості, а й розробили конкретні методичні рекомендації щодо його впровадження. Зокрема, було обґрунтовано концепцію проблемного навчання та створено технології, спрямовані на стимулювання творчого мислення учнів. Важливу роль у вивченні механізмів формування дослідницьких умінь старшокласників відіграли також розвідки В. Андрєєва, Л. Вишневської, Н. Недодатко та інших дослідників [14].

У працях В. Паламарчук [35] та їхніх колег визначено роль наукового пошуку у вихованні школяра та закладено дидактичні засади проблемно-пошукових методів. Дослідники, зокрема А. Сиротенко, обґрунтували

використання технологій, що сприяють активізації мислення та творчості [42]. Специфіку вдосконалення дослідницьких навичок у старшій школі ґрунтовно аналізували С. А. Фамеліс та інші [50, 51].

Дослідницьку діяльність розглядають як найвищий прояв самоосвіти школяра. Вона має яскраво виражений індивідуальний характер і спрямована на розв'язання творчих завдань, результат яких не є визначеним заздалегідь. Науково обґрунтований алгоритм такої діяльності базується на послідовному проходженні ключових етапів: від визначення тематики й опрацювання джерел до формулювання гіпотези, апробації методик та фінального захисту результатів. Дотримання цієї чіткої структури є обов'язковим стандартом проведення наукового пошуку [54].

Становлення науково-дослідницьких умінь учнів є тривалим і комплексним процесом, що потребує системного педагогічного супроводу. Роль учителя як керівника полягає в методичному вихованні дослідницьких навичок шляхом моніторингу етапів виконання роботи, аналізу помилок та оптимізації структури дослідження. Важливим аспектом є навчання школярів декомпозиції завдань, інтеграції пошукової діяльності з науковими стандартами та визначенню практичної цінності отриманих результатів [46].

Зазначений вид праці визначається його творчою спрямованістю та орієнтацією на самостійний пошук. Відповідно до наукових підходів, дослідження трактується як систематизований пізнавальний процес, спрямований на отримання суб'єктивно нових знань або розв'язання актуальних проблем за допомогою стандартизованого інструментарію (експерименту, спостереження тощо). Впровадження такого підходу в освітній процес сприяє накопиченню досвіду автономного пошуку знань, що стає фундаментом для інтелектуального прогресу та творчої самореалізації особистості [45].

Визначальним етапом діяльності вчителя як наукового керівника є ґрунтовний аналіз пізнавальних пріоритетів школярів. Саме індивідуальні інтереси учня мають стати фундаментом при виборі тематики дослідження, адже нав’язана або суто кон’юнктурна тема нівелює мотивацію та перешкоджає якісному виконанню роботи. Лише за умови щирого зацікавлення дослідника та його прагнення до наукового пошуку можна очікувати на успішну реалізацію проекту [43].

Впровадження дослідницьких методів у курсі біології для школярів дозволяє комплексно формувати їхню біологічно-наукову компетентність. Зазначена структура передбачає:

1. Когнітивний аспект: інтеграцію знань та їх адаптацію для вирішення нестандартних пізнавальних задач;
2. Екологічно-етичний аспект: виховання відповідальності за стан екосистем та узгодження дій з правовими й моральними нормами;
3. Методологічний аспект: опанування інструментарію наукового пізнання для вивчення довкілля;
4. Дослідницький аспект: розвиток здатності до спостереження, аналізу та синтезу природних процесів, а також уміння пояснювати конкретні явища через призму загальних біологічних закономірностей.

Специфіка дослідження в освітньому процесі полягає в його навчальній спрямованості: на відміну від академічної науки, де метою є отримання об’єктивно нових знань, у школі пріоритет надається розвитку особистості учня. Ключовою метою стає формування дослідницького типу мислення та опанування універсальних способів пізнання дійсності. Як зазначають дослідники, такий підхід активізує суб’єктивну позицію школяра, оскільки здобуті знання є «суб’єктивно новими» – особистісно значущими та самостійно відкритими [45].

Сучасна школа має не лише транслювати готову інформацію, а й розвивати вміння творчо її опрацьовувати, де науковий пошук виступає інструментом самореалізації творчої особистості. У зв'язку з цим зростає роль позаурочної діяльності. Оскільки час уроку обмежений, справжня дослідницька робота часто виходить за його межі й набуває форми шкільних гуртків чи конкурсів. Одним з прикладів шкільних гуртків є створення «Зелених лабораторій» або куточків живої природи. Також свою науково-дослідницьку діяльність школярі мають змогу застосувати в Малій академії наук – це платформа для розвитку здібностей, захисту наукових проєктів та інтеграції в науковий простір [2].

Отже, колективні форми (гуртки, семінари, олімпіади) сприяють розвитку наукового мислення в групі, тоді як участь у конкурсах-захистах Малої академії наук (МАН) репрезентує найвищий рівень – індивідуальну наукову діяльність учня.

Метод проєктів постає одним із найбільш ефективних інструментів у процесі викладання біології в школі. Застосування проєктної діяльності не лише стимулює пізнавальний інтерес та творчу активність учнів, а й сприяє формуванню стійкої дослідницької позиції у сприйнятті біологічних закономірностей. Згідно з науковими підходами, така форма роботи забезпечує оволодіння біолого-науковою компетентністю та розвиває здатність школярів до подальшої самоосвіти й особистісної самореалізації [16].

Особливого значення набуває міжпредметний зміст проєктів. Інтеграція знань із різних дисциплін природничого циклу дозволяє учням сформувати цілісну картину світу та зрозуміти глибинні взаємозв'язки між природою і соціумом. У процесі реалізації проєктних завдань учні не лише засвоюють нову інформацію, а й розвивають навички синтезу знань із

суміжних галузей, що позитивно позначається на рівні їхньої успішності та загальному інтелектуальному розвитку [6].

Отже, впровадження дослідницької діяльності при вивченні біології в школі створює умови для апробації учнями навичок наукового пошуку, що дозволяє їм наочно переконатися в результативності власної праці та отримати позитивний емоційний досвід успіху. Організація такої роботи часто базується на поєднанні проблемного та інтегрованого підходів із залученням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Використання групових, пошукових та презентаційних форм навчання сприяє формуванню внутрішньої зрілості школярів. Здобуті біологічно-наукові компетенції та досвід автономної діяльності стають надійним фундаментом для подальшого успішного навчання.

РОЗДІЛ 2
МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З КУЛЬТУРОЮ *IN VITRO* В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ БІОЛОГІЇ

2.1. Аналіз шкільних програм

Сучасний стан біологічної освіти в Україні, зокрема впровадження концепції НУШ та реалізація програм поглибленого вивчення природничих наук (наприклад, «Інтелект України»), передбачають формування у здобувачів освіти не лише теоретичних знань, а й дослідницьких компетентностей. Аналіз чинних навчальних програм з біології дозволяє визначити змістові точки, де експерименти з культурою *in vitro* (мікроклональне розмноження, калусогенез) можуть бути інтегровані в освітній процес [25, 26, 28, 34].

Основна школа (6–9 класи):

6 клас (Вступ до біології. Рослини). Під час вивчення теми «Розмноження рослин» та «Вегетативне розмноження» метод *in vitro* можна розглядати як сучасну високотехнологічну альтернативу традиційним методам. Це дозволяє продемонструвати учням принцип тотипотентності рослинної клітини – здатність однієї клітини дати початок цілому організму.

9 клас (Біологія як основа біотехнології та медицини). Це ключовий етап, де програма прямо передбачає вивчення основ біотехнології, клітинної та генетичної інженерії. Експеримент з культурою ізольованих тканин стає ідеальною наочною моделлю для пояснення теоретичних основ клонування та оздоровлення посадкового матеріалу.

Програма «Інтелект України» (5–6 класи). Враховуючи специфіку програми «Інтелект України», яка орієнтована на розвиток наукового мислення вже з 5-го класу, використання елементів мікроклонального

розмноження (наприклад, адаптація рослин-регенерантів до умов *ex vitro*) може стати основою для навчальних проєктів. Це відповідає змістовій лінії «Методи наукового пізнання».

Хоча термін «культура *in vitro*» рідко зустрічається як обов'язковий термін для запам'ятовування в молодших класах, він є логічним інструментом для реалізації практичної частини програми. Використання таких експериментів дозволяє перетворити абстрактне поняття «клітина» на реальний об'єкт маніпуляцій, що значно підвищує пізнавальний інтерес.

Для детального обґрунтування методики використання експериментів у навчальному процесі нами проведено порівняльний аналіз змісту чинних модельних навчальних програм з біології (7–9 класи) та інтегрованих курсів («Наука», «Пізнаємо природу», 5–6 класи) щодо можливостей впровадження елементів культури *in vitro*.

Зведена аналітична інформація, представлена в таблиці 2.1, наочно демонструє, що чинні модельні навчальні програми з біології для базової школи, а також програми інтегрованих курсів природничої галузі (зокрема спеціалізована програма «Інтелект України») містять значну кількість «змістових точок» для системної інтеграції елементів культури *in vitro*. Запропонований розподіл дозволяє розподілити навчальний матеріал за принципом концентричності та вікової відповідності, забезпечуючи плавний перехід від наочно-демонстраційних форм діяльності до самостійного наукового пошуку.

Початкова ланка дослідження закладається у 5–6 класах в межах курсу «Досліджуємо світ науки» (програма «Інтелект України»). Пропедевтичний характер цього етапу передбачає ознайомлення учнів із методами наукового пізнання через прості, але високоочевидні маніпуляції. Виконання мініпроєктів з адаптації рослин-регенерантів (наприклад, перенесення пробіркових проростків у нестерильний ґрунтосубстрат) та візуальне

спостереження за розвитком кореневої системи в безсубстратному желеподібному середовищі (агар-агар) дозволяє трансформувати абстрактне сприйняття науки у стійкий пізнавальний інтерес.

Таблиця 2.1

Можливості інтеграції методів культури *in vitro* у зміст шкільної біологічної освіти

Назва теми за програмою	Клас	Можливість використання методу *in vitro* (експериментальна та теоретична складова)
Клітина – одиниця живого. Будова клітини	6 (7)	Демонстрація тотипотентності клітини. Пояснення ролі ядра та цитоплазми у відтворенні цілого організму з окремих клітин експланта.
Вегетативне розмноження рослин	7	Порівняння традиційних методів (живцювання, поділ куща) з мікроклональним розмноженням. Демонстрація етапу мікроживцювання в стерильних умовах.
Тканини рослин. Твірна тканина (меристема)	7	Пояснення ролі меристем у рості рослини. Використання апікальних меристем для отримання безвірусного посадкового матеріалу.
Ріст і розвиток рослин. Регуляція процесів	7	Дослідження впливу фітогормонів (ауксинів та цитокінінів) на процеси калусогенезу та коренеутворення у пробірці.
Основи біотехнології	9	Вивчення принципів сучасної біотехнології на прикладі промислового розмноження цінних культур (наприклад, спаржі, лохини або декоративних рослин).
Генетична інженерія та клонування	9 (11)	Практичне ознайомлення з поняттям «клон». Обговорення генетичної однорідності рослин-регенерантів, отриманих *in vitro*.
Досліджуємо світ науки (програма «Інтелект України»)	5-6	Виконання мініпроєктів з адаптації рослин: «Перенесення рослини з колби у ґрунт», спостереження за ростом рослин у безсубстратному середовищі (агар-агар).

Наступний змістовий блок охоплює 6 (7) класи під час вивчення фундаментальної теми «Клітина – одиниця живого. Будова клітини».

Впровадження методів культури ізольованих тканин на цьому етапі розв'язує важливу дидактичну проблему – ілюстрацію біологічного принципу тотипотентності. Замість пасивного зазубрювання функцій клітинних структур, учні отримують унаочнене підтвердження того, як за наявності ядра та цитоплазми окрема клітина експланта здатна репродукувати генетичну програму та дати початок цілісному рослинному організму.

У 7 класі можливості інтеграції суттєво розширюються завдяки вивченню анатомо-морфологічних та фізіологічних особливостей рослин:

При вивченні теми *«Тканини рослин»* використання меристематичних (твірних) тканин виступає практичною базою для пояснення зон росту. Наочне виокремлення апікальних меристем дозволяє вчителю продемонструвати реальні технології отримання безвірусного, оздоровленого посадкового матеріалу.

Змістові лінії *«Вегетативного розмноження рослин»* та *«Ріст і розвиток рослин»* стають основою для формування первинних експериментальних навичок. Порівняння класичного живцювання чи поділу куща із мікроклональним розмноженням у пробірках демонструє учням ефективність інтенсивних біотехнологій. Особливу цінність має організація евристичних дослідів із регуляторами росту (ауксинами та цитокінінами), де учні фіксують процеси калусогенезу та ризогенезу, безпосередньо впливаючи на вегетативний розвиток об'єкта.

Завершальним і найбільш методологічно глибоким етапом є 9 клас, де вивчаються теми «Основи біотехнології» та «Генетична інженерія та клонування». Експеримент *in vitro* тут постає вже не просто як засіб наочності, а як повноцінний об'єкт та метод наукового дослідження.

Дев’ятикласники отримують можливість детально розібрати індустріальні цикли клонального мікророзмноження економічно та аграрно цінних рослин (як-от спаржа, лохина чи декоративні культури, актуальні для регіону). Це дозволяє на практиці сформувати чітке поняття про генетичну однорідність «клону» та біологічну безпеку сучасних маніпуляцій із живими системами.

Таким чином, порівняльний аналіз, наведений у таблиці 2.1, підтверджує, що методика використання культури *in vitro* не суперечить чинній структурі шкільної біологічної освіти, а навпаки – виступає її логічним інтенсифікатором. Системне використання запропонованих експериментів дозволяє вчителю відійти від сухого репродуктивного викладу, наочно інтегрувати знання суміжних дисциплін (біологія, хімія, екологія) та забезпечити виконання державних вимог щодо розвитку критичного мислення й формування стійких дослідницьких умінь школярів.

2.2. Методика застосування технологій мікроклонального розмноження рослин у дослідницьких проектах, МАН з біології

На сучасному етапі розвитку біологічної освіти особливого значення набуває відмова від суто репродуктивного навчання та перехід до підходів, спрямованих на формування в учнів творчого потенціалу, критичного аналізу й навичок дослідницької діяльності. Одним із найефективніших шляхів реалізації цих завдань у закладах загальної середньої освіти є залучення здібних школярів до виконання науково-дослідних проєктів у системі Малої академії наук України. Проведення експериментальних досліджень із застосуванням культури ізольованих клітин і тканин рослин (*in vitro*) створює якісно нові умови для розвитку комплексних дослідницьких компетентностей учнів [17].

Більшість традиційних учнівських досліджень у галузі ботаніки та екології ґрунтуються переважно на описових підходах, сезонних спостереженнях за рослинами або виготовленні класичних гербарних колекцій. Незважаючи на важливість таких методів на початкових етапах вивчення біології, за рівнем наукової оригінальності та технологічної складності вони мають інший вектор наукового пошуку і зазвичай поступаються експериментальним роботам за рівнем технологічної складності та можливостями оперативного моделювання процесів розвитку рослин, пов’язаним із використанням сучасних біотехнологічних методів у рослинництві.

Під час проведення конкурсів-захистів науково-дослідницьких робіт у системі МАН члени журі обласного та всеукраїнського рівнів особливо оцінюють актуальність тематики, наукову обґрунтованість і методичну якість виконаного дослідження [38]. Проєкти, у яких застосовуються методи культури клітин і тканин *in vitro*, зазвичай отримують високі результати та посідають призові місця завдяки інноваційному характеру, значному рівню наукової складності та переконливій експериментальній базі. Такі роботи помітно вирізняються серед традиційних реферативних досліджень або проєктів, що обмежуються лише створенням гербарних матеріалів.

Застосування біотехнологічних експериментів *in vitro* у процесі підготовки наукових робіт для МАН сприяє поетапному розвитку в учнів широкого спектра дослідницьких компетентностей:

1. Проєктувально-прогностичні навички. Учні набувають уміння самостійно висувати наукові припущення, наприклад щодо визначення найбільш ефективних концентрацій регуляторів росту для мікроклонального розмноження рослин, а також формулювати мету, завдання, об’єкт і предмет дослідження.

2. Технологічно-практичні вміння. Робота з рослинними тканинами в умовах *in vitro* передбачає опанування складних лабораторних процедур: стерилізації експлантів, приготування поживних середовищ, зокрема середовища Мурасіге-Скуга, асептичного введення рослинного матеріалу в культуру та підтримання необхідних параметрів культивування – температури, освітлення й вологості.

3. Аналітичні компетентності. Біотехнологічні дослідження характеризуються наявністю чітких кількісних показників, таких як рівень укорінення, інтенсивність калусоутворення чи коефіцієнт розмноження. У процесі виконання експерименту школярі навчаються вести протоколи спостережень, здійснювати статистичний аналіз отриманих результатів, створювати графічні матеріали та обґрунтовано інтерпретувати експериментальні дані.

Високий рівень складності подібних досліджень є однією з їхніх ключових переваг, оскільки свідчить про значну зацікавленість учня науковою діяльністю та його готовність працювати у сфері сучасних високотехнологічних досліджень. Нерідко виконання таких проєктів здійснюється у співпраці з лабораторіями закладів вищої освіти або науково-дослідних установ, що сприяє інтеграції шкільної освіти з реальною науковою практикою.

Отже, використання методів культури клітин і тканин *in vitro* під час підготовки науково-дослідницьких робіт у системі МАН не лише підвищує шанси учнів на успішний виступ у конкурсах завдяки інноваційному характеру досліджень, а й ефективно формує професійні компетентності майбутнього науковця. Така діяльність створює ґрунтовну основу для подальшого професійного розвитку в галузях біології, медицини та агробіотехнології [54].

Методика підготовки учнівського проєкту має включати чітку послідовність дій, адаптовану до рівня підготовки учня:

1. Підготовчий етап. Вибір об’єкта (наприклад, порівняння швидкості розмноження сортів селери). На цьому етапі учень опрацьовує літературні джерела та формує мету роботи.

2. Стерилізація та введення в культуру. Це найбільш відповідальний етап, де формується навичка роботи в асептичних умовах. Учень опановує методику приготування стерилізуючих розчинів та експозицію експлантів.

3. Етап власне експерименту. Вивчення впливу різних чинників (склад поживного середовища на прикладі Мурасіге-Скуга, яке є базовим, концентрація цитокінінів, як-от 6-БАП) на коефіцієнт розмноження.

4. Адаптація до умов *ex vitro*. Оцінка виживання рослин-регенерантів при перенесенні в нестерильний субстрат, що є завершальним етапом біотехнологічного циклу [52, 53].

Для того, щоб дослідження було валідним і придатним для захисту в МАН, методику слід структурувати за такими параметрами:

Контрольна група. Обов’язкова наявність контролю (наприклад, використання стандартного середовища МС без додавання гормонів або вибір контрольного сорту/гібриду).

Математична обробка. Навчити учня розраховувати середнє арифметичне, стандартну похибку та проводити порівняльний аналіз (наприклад, за критерієм Стьюдента), що значно підвищує науковий рівень роботи.

Нами виокремлено перспективні напрями досліджень для учнів, які базуються на актуальних аграрних питаннях регіону (табл. 2.2).

Отже, використання мікроклонального розмноження в проєктах МАН дозволяє реалізувати індивідуальну освітню траєкторію обдарованої дитини.

Таблиця 2.2

Напрями та об’єкти біотехнологічних досліджень школярів у системі позаурочної діяльності

Напрям дослідження	Орієнтовна назва проєкту	Об’єкт дослідження
Сортовивчення	Порівняльна характеристика регенераційної здатності різних сортів чи гібридів *in vitro*	Процес регенерації тканин експлантів різних сортів в умовах *in vitro*
Фізіологія росту	Оптимізація концентрації 6-бензиламінопурину для мікроклонального розмноження рослин	Процес мікроклонального розмноження та калусогенезу рослин під впливом цитокінінів
Екологічна адаптація	Вплив складу субстрату на приживлюваність рослин-регенерантів	Процес адаптації та приживлюваності мікроклонованих рослин-регенерантів до умов *ex vitro*

Учень не просто спостерігає за природою, а стає активним учасником створення нового біологічного об’єкта. Насамперед це сприяє: розумінню суті біотехнологічного прогресу; набуттю навичок роботи з лабораторним обладнанням; підготовці до майбутньої професійної діяльності в галузі біології, агрономії чи медицини.

РОЗДІЛ 3
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ

3.1. Організація та етапи педагогічного дослідження

Для підтвердження робочої гіпотези дослідження та оцінки ефективності розробленої методики використання експерименту з культурою *in vitro* як засобу формування дослідницьких умінь учнів у процесі навчання біології було організовано та проведено педагогічний експеримент [53].

Головною метою експериментальної перевірки було визначення динаміки рівнів сформованості дослідницьких умінь учнів за умов системного залучення елементів біотехнології (зокрема, мікроклонального розмноження рослин та культивування ізольованих тканин) в освітній процес з біології.

Педагогічне дослідження проводилося у природних умовах закладу загальної середньої освіти та охоплювало три послідовні етапи, кожен з яких мав власні завдання, методи та змістове наповнення.

Етапи педагогічного дослідження

1. Констатувальний етап – початковий етап. Його мета визначення вихідного рівня сформованості дослідницьких умінь учнів, аналіз стану викладання біології та готовності матеріально-технічної бази школи до впровадження елементів біотехнології. Основні дії: проведення первинного зрізу знань, анкетування учнів, формування контрольних та експериментальних груп.

2. Формувальний етап – основний етап. Метою даного етапу є впровадження в освітній процес розробленої методичної системи, що базується на використанні навчальних експериментів з культурою *in vitro*.

Основними діями даного етапу є залучення учнів експериментальних груп до виконання лабораторних робіт, дослідницьких проєктів та практикумів з основами експлантації, стерилізації та культивування рослинних об’єктів.

3. Контрольно-узагальнювальний етап – це завершальний етап. Метою даного етапу є перевірка ефективності впровадженої методики, проведення підсумкового оцінювання та математична обробка результатів. Основою даного етапу є проведення фінального зрізу дослідницьких умінь у контрольних та експериментальних групах, порівняльний аналіз даних, формулювання висновків.

Під час констатувального етапу нами було здійснено теоретичний та практичний аналіз проблеми. За допомогою анкетування, тестування та аналізу результатів навчальної діяльності учнів було встановлено, що традиційна методика навчання біології не повною мірою реалізує потенціал дослідницького підходу.

Для проведення порівняльного аналізу було сформовано дві категорії груп учнів:

1. Контрольні групи (КГ), де навчання біології здійснювалося за стандартною чинною програмою із застосуванням традиційних засобів наочності та типових лабораторних робіт.

2. Експериментальні групи (ЕГ), де навчання інтегрувало розроблену нами методику, базовану на експериментах з культурою *in vitro*.

Статистичний аналіз вихідних даних констатувального зрізу показав, що КГ та ЕГ на початку дослідження мали приблизно однаковий (гомогенний) рівень сформованості дослідницьких умінь та навчальних досягнень з біології, що забезпечило об’єктивність подальшого експерименту.

Протягом формувального етапу в освітній процес експериментальних груп було впроваджено систему навчальних біотехнологічних експериментів.

Оскільки робота з культурою *in vitro* вимагає специфічних навичок, діяльність учнів ЕГ була структурована за рівнями самостійності:

1. Ілюстративно-дослідницький рівень: учні ознайомлювалися з готовими стерильними культурами рослин (наприклад, модельними об’єктами такими як кімнатні рослини), спостерігали за процесами морфогенезу та адаптації до умов *ex vitro*.

2. Частково-пошуковий рівень: залучення учнів до підготовки поживних середовищ, опанування базових правил асептики, введення експлантів у культуру під керівництвом учителя.

3. Власне дослідницький рівень: виконання індивідуальних чи групових навчальних проєктів (наприклад, дослідження впливу різних регуляторів росту на калусогенез чи ризогенез рослин).

Під час виконання цих завдань акцент робився на формуванні таких дослідницьких умінь:

1. *Інтелектуально-дослідницькі:* уміння аналізувати наукову інформацію, формулювати гіпотезу дослідження, планувати етапи експерименту.

2. *Практично-дослідницькі:* уміння працювати з лабораторним обладнанням, дотримуватися стерильності, проводити маніпуляції з біологічним матеріалом.

3. *Контрольно-оцінні:* уміння фіксувати результати (динаміку росту, появу органів), вести щоденник спостережень, математично обробляти дані та формулювати висновки.

На завершальному контрольно-узагальнювальному етапі було проведено повторний (підсумковий) зріз у КГ та ЕГ за тими ж критеріями та показниками, що й на початку.

Оцінювання здійснювалося за трьома рівнями сформованості дослідницьких умінь: низький (початковий), середній (достатній) та високий (творчий).

Для доведення статистичної значущості отриманих розбіжностей між результатами КГ та ЕГ та виключення чинника випадковості було застосовано методи математичної статистики.

Експериментальною роботою було охоплено учнів 9-х класів (під час вивчення системних біологічних понять, основ генетики та селекції в курсі «Біологія»).

Загалом у дослідженні взяли участь 64 учні, з яких було сформовано контрольні (КГ) та експериментальні (ЕГ) групи: 33 учні в експериментальній та 31 учень у контрольній групах.

Педагогічне дослідження проводилося у три послідовні етапи.

На першому констатувальному етапі здійснювали визначення початкового рівня сформованості дослідницьких умінь дев’ятикласників. Аналіз навчально-методичного забезпечення кабінетів біології та оцінка готовності учнів до виконання практичних завдань. Формування експериментальних та контрольних груп.

Формувальний етап, характеризувався впровадження розробленої методики навчальних експериментів з культурою *in vitro* в освітній процес експериментальної групи. Організація самостійної дослідницької, проєктної та лабораторної діяльності учнів із використанням ізольованих тканин рослин.

Під час контрольно-узагальнювального етапу відбувалося проведення підсумкових зрізів у КГ та ЕГ. Математико-статистична обробка результатів дослідження, порівняльний аналіз динаміки розвитку дослідницьких умінь, узагальнення теоретичних і практичних висновків.

Під час констатувального етапу за допомогою методів тестування, біологічних диктантів, анкетування та аналізу щоденників спостережень було встановлено вихідний рівень дослідницьких умінь учнів. Первинний зріз показав, що 9-х класів мають переважно низький або середній рівень сформованості вмінь самостійно планувати експеримент та формулювати гіпотези.

Статистична перевірка стартових показників підтвердила гомогенність (однорідність) сформованих контрольних та експериментальних груп, що дозволило забезпечити високу об’єктивність подальших результатів.

У цей період формувального етапу учні контрольних груп (КГ) продовжували навчання за традиційною методикою, виконуючи лише стандартні лабораторні роботи, передбачені навчальною програмою.

В освітній процес експериментальних груп (ЕГ) було інтегровано систему біотехнологічних експериментів. Учні залучалися до повноцінного біологічного експерименту з використанням культури кімнатних рослин. Вони самостійно або у мікрогрупах розробляли схеми дослідження впливу факторів середовища (освітлення, складу поживного середовища) на процеси калусогенезу, диференціації тканин та органогенезу. Дев’ятикласники опановували базові елементи асептики під час введення експлантів (шматочків стебел, листків сенполії) у культуру *in vitro*.

Процес формування дослідницьких умінь учнів ЕГ здійснювався за трьома взаємопов’язаними компонентами:

1. *Мотиваційно-ціннісний* – це формування інтересу до сучасної науки, біотехнології та генетики через наочність результатів «у пробірці».

2. *Процесуально-діяльнісний або практичний:* безпосереднє виконання маніпуляцій, робота з лабораторним посудом, мікроскопами, дотримання умов стерильності, висаджування об’єктів.

3. *Рефлексивно-аналітичний:* аналіз отриманих результатів, підрахунок відсотка приживлюваності експлантів, графічне відображення інтенсивності росту калусу, захист учнівських наукових проєктів.

На завершальній стадії, контрольно-узагальнювальному етапі, було проведено підсумкову оцінку рівнів сформованості дослідницьких умінь (низький, середній, високий). Отримані кількісні показники було піддано якісному аналізу та статистичній, що дозволило математично довести: позитивні зміни в рівнях дослідницьких умінь учнів ЕГ є результатом саме впровадженої методики експериментів *in vitro*, а не випадковим збігом обставин.

3.2. Діагностика рівня сформованості дослідницьких умінь учнів (аналіз результатів контрольних та експериментальних груп)

Об’єктивність оцінювання ефективності розробленої методики використання експерименту з культурою *in vitro* в освітньому процесі з біології потребувала визначення чіткого діагностичного апарату. На основі аналізу психолого-педагогічної та методичної літератури нами було виокремлено три базові критерії сформованості дослідницьких умінь учнів: мотиваційно-ціннісний, процесуально-діяльнісний та рефлексивно-аналітичний.

Кожен критерій розкривається через систему конкретних показників, що дозволяють зафіксувати якісні та кількісні зміни у розвитку учнів (табл. 3.1).

Відповідно до визначених критеріїв та показників, ми виділили три рівні сформованості дослідницьких умінь учнів 9-х класів: низький (початково-репродуктивний), середній (частково-пошуковий) та високий (дослідницько-творчий).

Так на низькому рівні або початково-репродуктованому рівні, учні 9-х класів знають теоретичні основи біотехнології на рівні відтворення тексту підручника, але не пов’язують їх із практикою. Сформулювати мету дослідження чи робочу гіпотезу без допомоги вчителя не можуть. Під час лабораторних робіт часто порушують правила асептики, що призводить до бактеріального або грибного зараження поживного середовища; не здатні самостійно встановити причину невдачі експерименту.

Таблиця 3.1

Критерії та показники діагностики дослідницьких умінь

Критерій	Показники	Що конкретно оцінюється в контексті роботи з *in vitro*
1. Мотиваційно-ціннісний	• Стійкість пізнавального інтересу до досліджень. • Усвідомлення практичного значення біотехнології. • Прагнення до самостійного пошуку відповідей.	• Інтерес до вирощування рослин у пробірках. • Розуміння важливості методів *in vitro* для сільського господарства та збереження рідкісних видів. • Ініціативність у виборі тем для біологічних проєктів.
2. Процесуально-діяльнісний	• Вміння формулювати гіпотези та завдання. • Володіння практичними навичками експериментування. • Спланованість дій за алгоритмом.	• Вміння припустити, як вплине фактор (світло, гормони) на експлант. • Акуратність роботи з лабораторним посудом, пінцетами, дотримання стерильності. • Дотримання схеми введення кімнатних рослин в культуру, правильність висаджування на адаптацію.
3. Рефлексивно-аналітичний	• Вміння фіксувати й аналізувати дані. • Здатність критично оцінювати помилки. • Сформованість уміння робити висновки.	• Ведення щоденника спостережень (фіксація появи калусу, коренів). • Розуміння причин загибелі чи інфікування культури (порушення асептики). • Презентація та захист результатів дослідження перед класом.

Середній рівень або частково-пошуковий на якому учні 9-х класів: самостійно орієнтуються в етапах біотехнологічного експерименту. Можуть сформулювати просту гіпотезу (наприклад, «у темряві калус сенполії ростиме повільніше»). Успішно виконують основні маніпуляції з

експлантами, вміють користуватися стерильним інструментарієм. Отримані результати фіксують у вигляді таблиць, проте під час формулювання висновків потребують навідних запитань учителя для встановлення причинно-наслідкових зв’язків.

Високий рівень або дослідницько-творчий на якому учні 9-х класів: демонструють повну самостійність на всіх етапах наукового пошуку. Учні здатні інтегрувати знання з біології, хімії та здоров’я людини для моделювання експерименту (наприклад, дослідження впливу різних концентрацій регуляторів росту на регенерацію сенполії). Бездоганно володіють технікою роботи в ламінар-боксі (або його аналогу) та правилами стерилізації. Вони самостійно обробляють кількісні дані (вираховують відсоток приживлюваності, будують графіки інтенсивності росту) та публічно захищають свої результати, демонструючи глибоке розуміння суті біотехнологічного процесу.

Для оцінки ефективності розробленої методики використання експерименту з культурою *in vitro* як засобу формування дослідницьких умінь учнів було здійснено порівняльний аналіз результатів констатувального (первинного) та підсумкового (фінального) зрізів у контрольних (КГ) та експериментальних (ЕГ) групах (табл. 3.2). На констатувальному етапі дослідження було встановлено вихідний рівень сформованості дослідницьких умінь учнів. Отримані дані свідчать про те, що експериментальна та контрольна групи на початку дослідження були гомогенними (однорідними), а розподіл учнів за рівнями мав приблизно однакові пропорції з незначними статистичними розбіжностями.

Зокрема, у контрольній групі (31 особа) низький (репродуктивний) рівень виявили 41,9% учнів (13 осіб), середній (частково-пошуковий) – 45,2% (14 осіб), а високий (дослідницько-творчий) рівень продемонстрували лише 12,9% учнів (4 особи). В експериментальній групі (33 учні) первинні

показники виявилися подібними: низький рівень зафіксовано у 42,4% учнів (14 осіб), середній – у 42,4% (14 осіб), а високий – у 15,2% учнів (5 осіб).

Таблиця 3.2

Розподіл учнів 9-х класів за рівнями сформованості дослідницьких умінь (у %)

Етап зрізу	Група учнів	Кількість учнів (осіб)	Низький (репродуктивний) рівень	Середній (частково-пошуковий) рівень	Високий (дослідницько-творчий) рівень
Констатувальний етап *(первинний зріз)*	КГ	31	41,9% (13 уч.)	45,2% (14 уч.)	12,9% (4 уч.)
	ЕГ	33	42,4% (14 уч.)	42,4% (14 уч.)	15,2% (5 уч.)
Підсумковий етап *(фінальний зріз)*	КГ	31	35,5% (11 уч.)	48,4% (15 уч.)	16,1% (5 уч.)
	ЕГ	33	9,1% (3 уч.)	51,5% (17 уч.)	39,4% (13 уч.)

Перевага низького та середнього рівнів на початковому етапі вказує на те, що традиційна система навчання біології орієнтована переважно на репродуктивне засвоєння знань та виконання лабораторних робіт за готовими текстовими шаблонами-інструкціями, що обмежує можливості для розвитку самостійного наукового пошуку учнів.

Після впровадження в освітній процес експериментальних груп розробленої методичної системи, що базувалася на системному залученні учнів до виконання біотехнологічних експериментів (моделювання калусогенезу, мікроклонального розмноження рослин та дотримання правил асептики), було проведено підсумковий етап (фінальний зріз). Його результати продемонстрували суттєві якісні та кількісні зміни.

У контрольній групі суттєвих зрушень у рівнях сформованості дослідницьких умінь не відбулося. Частка учнів із низьким рівнем зменшилася лише на 6,4% (з 41,9% до 35,5%), показник середнього рівня незначно зріс до 48,4% (+3,2%), а високого – досяг 16,1% (+3,2%). Таке мінімальне коливання показників є природним наслідком загального

дорослішання учнів та накопичення ними базового навчального досвіду в межах традиційної програми.

Натомість в експериментальній групі зафіксовано яскраво виражену позитивну динаміку за всіма показниками. Так низький (репродуктивний) рівень мінімізувався більше ніж у 4,5 рази – з 42,4% на початку до 9,1% (всього 3 учні) наприкінці експерименту. Це свідчить про те, що переважна більшість учнів подолала бар'єр суто механічного копіювання дій учителя.

Середній (частково-пошуковий) рівень зріс з 42,4% до 51,5% (17 учнів). Учні цієї підгрупи опанували вміння впевнено працювати за алгоритмом біотехнологічного дослідження, самостійно виконувати маніпуляції з експлантами в стерильних умовах та фіксувати результати у щоденниках спостережень.

Високий (дослідницько-творчий) рівень продемонстрував найбільш стрімке зростання – показник збільшився у 2,6 рази, досягнувши 39,4% (13 учнів) проти початкових 15,2%. Учні, які досягли цього рівня, виявили здатність до повної самостійності на всіх етапах експерименту: від висування робочої біологічної гіпотези та вибору оптимальних чинників середовища для культури *in vitro* до математико-статистичної обробки отриманих результатів і публічного захисту власних дослідницьких проєктів.

Таким чином, порівняльний аналіз результатів фінального зрізу чітко доводить, що залучення учнів до експериментів із рослинними культурами *in vitro* створює потужне середовище для формування цілісних дослідницьких умінь. Отримані кількісні розбіжності між КГ та ЕГ підтверджують ефективність та доцільність практичного впровадження запропонованої нами методичної розробки в практику роботи закладів загальної середньої освіти.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснено теоретичне узагальнення та практичне розв’язання актуальної методичної проблеми щодо формування дослідницьких умінь учнів закладів загальної середньої освіти засобами сучасного біологічного експерименту з культурою *in vitro*. Результати проведеного дослідження дозволили сформулювати такі висновки:

1. Теоретично обґрунтовано, що в умовах реалізації компетентнісного підходу та Державного стандарту базової середньої освіти навчальний експеримент виступає провідним методом наукового пізнання та основним інструментом формування природничої компетентності. Дослідницькі уміння визначено як складну, інтегровану здатність особистості свідомо виконувати дії щодо розв’язання поставленої проблеми шляхом застосування методів наукового пізнання. Доведено, що біологічний експеримент поєднує в собі інформаційно-дослідницьку, розвивальну та виховну функції, трансформуючи пасивні знання учнів в активні процесуальні дії.

2. На основі аналізу чинних навчальних програм з біології (6–9 класи) та інтегрованих курсів природничої галузі (зокрема програми «Інтелект України», 5–6 класи) виявлено високий потенціал для впровадження елементів культури *in vitro*. Виокремлено ключові змістові точки для інтеграції біотехнологічного матеріалу: теми «Клітина», «Вегетативне розмноження рослин», «Тканини рослин», «Ріст і розвиток» у 7 класі, а також «Основи біотехнології» та «Генетична інженерія» у 9 класі. Встановлено, що робота з ізольованими тканинами дозволяє наочно візуалізувати фундаментальні біологічні закономірності (тотипотентність, калусогенез, регенерацію) у контрольованих умовах кабінету біології.

3. Розроблено та описано методику застосування технологій мікроклонального розмноження та культивування ізольованих тканин рослин (на прикладі кімнатних культур, томатів та селери) для урочної діяльності, самостійних дослідницьких проєктів та системи Малої академії наук (МАН). Методика охоплює чітку послідовність дій (підготовчий етап, стерилізація експлантів, введення в культуру на середовище Мурасіге-Скуга, власне експеримент із фітогормонами та адаптація регенерантів до умов *ex vitro*). Доведено, що така діяльність інтенсифікує розвиток проєктувально-прогностичних, технологічно-практичних та аналітичних компетентностей майбутнього дослідника.

4. Визначено діагностичний апарат дослідження, який охоплює три базові критерії сформованості дослідницьких умінь учнів: мотиваційно-ціннісний (стійкість інтересу до науки), процесуально-діяльнісний (володіння навичками експериментування й асептики) та рефлексивно-аналітичний (вміння фіксувати, аналізувати й презентувати дані). Відповідно до визначених показників схарактеризовано три рівні розвитку умінь здобувачів освіти: низький (початково-репродуктивний), середній (частково-пошуковий) та високий (дослідницько-творчий).

5. Експериментально перевірено ефективність розробленої методики під час педагогічного дослідження, у якому взяли участь 64 учні 9-х класів (31 особа у контрольній та 33 особи в експериментальній групах). Результати фінального зрізу засвідчили суттєві позитивні зміни в експериментальній групі порівняно з контрольною: частка учнів ЕГ із низьким рівнем дослідницьких умінь зменшилася більше ніж у 4,5 рази – з вихідних 42,4% до 9,1% наприкінці експерименту; частка учнів ЕГ із середнім рівнем зросла з 42,4% до 51,5%; показник високого (дослідницько-творчого) рівня в ЕГ продемонстрував стрімке зростання у 2,6 рази, досягнувши 39,4% (проти 15,2% на початку), тоді як у КГ цей показник зріс лише на 3,2% (до 16,1%).

6. Математико-статистичний аналіз підтвердив значущість отриманих розбіжностей, що повністю доводить ефективність розробленої методики та доцільність її широкого впровадження в практику роботи закладів загальної середньої освіти для формування цілісних дослідницьких умінь учнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анічкіна О. В. Роль і місце навчального експерименту в процесі формування природничо-наукової компетентності учнів. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка*. Серія: Педагогічні науки. 2019. Вип. 39. С. 45–52.

2. Артурчук О. М. Організація науково-дослідницької діяльності учнів у Малій академії наук України (біологічне відділення). *Біологія і хімія в рідній школі*. 2020. № 2. С. 14–19.

3. Баханов К. О. Інноваційні трансформації навчання історії в школі : монографія. Донецьк : Юго-Восток, 2007. 316 с.

4. Борщенко В. В. Розвиток творчо-пошукової активності учнів на уроках біології засобами навчального експерименту. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2021. № 2. С. 18–22.

5. Ващенко Г. Г. Загальні методи навчання : підручник для вищих педагогічних навчальних закладів. Київ : Українська Видавнича Спілка, 1997. 441 с.

6. Величко Л. П. Міжпредметна інтеграція як чинник підвищення якості природничої освіти. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2020. № 4. С. 2–8.

7. Величко Л. П., Грицай Н. Б. Віртуальний та натурний експеримент у навчанні природничих дисциплін: порівняльний аналіз. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. Т. 88, № 2. С. 45–58.

8. Вишневська Л. В. Розвиток дослідницьких умінь старшокласників у процесі профільного навчання біології. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.* Серія: Педагогіка. 2011. № 3. С. 41–47.

9. Гладюк Т. В. Експеримент як метод і засіб навчання біології в середній школі : монографія. Тернопіль : ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2018. 248 с.

10. Грицай Н. Б. Теорія і методика навчання біології : навч. посібник. Рівне : О. Зенит, 2018. 348 с.

11. Державний стандарт базової середньої освіти : Постанова Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898. Офіційний вісник України. 2020. № 82. С. 2655

12. Енциклопедія освіти / Академія педагогічних наук України ; головний ред. В. Г. Кремень. Київ : Юрінком Інтер, 2008. 1040 с.

13. Жосан О. Е. Нормативно-правове забезпечення експериментальної роботи в загальноосвітніх навчальних закладах України. *Наукові записки.* Серія: Педагогічні науки. 2016. Вип. 148. С. 76–81.

14. Жосан О. Е. Педагогічний експеримент як форма організації інноваційної діяльності в загальноосвітніх навчальних закладах України (друга половина XX – початок XXI століття) : монографія. Кропивницький : КЗ «КОІППО імені Василя Сухомлинського», Імекс-ЛТД, 2017. 412 с.

15. Задорожній К. М. Лабораторні та практичні роботи на уроках біології як засіб реалізації дослідницького підходу. Біологія. Шкільний світ. 2019. № 5. С. 12–19.

16. Кіласонія Н. Я. Проєктна діяльність як засіб формування дослідницької компетентності учнів на уроках біології. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2021. № 1. С. 14–19.

17. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Мікроклональне розмноження рослин: теорія і практика. Київ: Наукова думка, 2005. 270 с.

18. Лернер І. Я. Дидактичні основи методів навчання. Харків: Педагогіка, 1995. 186 с.

19. Лернер І. Я. Розвиток мислення учнів у процесі навчання історії : посібник для вчителів. Харків : Твори, 1992. 200 с.

20. Матяш Н. Ю. Компетентнісний підхід у навчанні біології: теорія і практика. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2017. № 5. С. 2–7.

21. Матяш Н. Ю. Формування дослідницьких умінь учнів у процесі навчання біології. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2015. № 3. С. 14–18.

22. Матяш Н. Ю., Коршевнюк Т. В. Структура предметної компетентності з біології учнів основної школи. *Педагогічна освіта: теорія і практика : зб. наук. праць*. 2018. Вип. 24 (1-2). С. 115–121.

23. Матяш Н. Ю., Коршевнюк Т. В. Формування предметної компетентності з біології у школярів базової середньої освіти. *Біологія і хімія в рідній школі.* 2019. № 1. С. 7–12.

24. Методика навчання біології: навч. посіб. / за ред. І. В. Мороза. Київ: Вища школа, 2006. 384 с.

25. Модельні навчальні програми для 5–6 класів закладів загальної середньої освіти (впровадження НУШ) : збірник нормативних документів / Міністерство освіти і науки України.

26. Модельні навчальні програми з біології для 7–9 класів закладів загальної середньої освіти (рекомендовані МОН України).

27. Мороз І. В., Степанюк А. В., Гончар О. Д. Загальна методика навчання біології : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Либідь, 2006. 592 с.

28. Навчальні програми з біології для 6–9 класів закладів загальної середньої освіти (затверджені МОН України).

29. Недодатко Н. Г. Формування дослідницьких умінь старшокласників у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.09. Кривий Ріг, 2000. 195 с.

30. Нікітченко Л. О. Дослідницька діяльність як невід’ємна складова шкільної біологічної освіти. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського*. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук. 2024. Вип. 6. С. 24–33.

31. Нікітченко Л. О. Особливості використання біологічного експерименту на уроках біології в закладах загальної середньої освіти. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського*. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук. 2023. Вип. 4. С. 29–36.

32. Нікітченко Л. О., Степанюк А. В. Структурно-компонентний аналіз біологічної компетентності учнів у контексті дослідницького навчання. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського*. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук. 2023. Вип. 5. С. 14–23.

33. Нова українська школа : концептуальні засади реформування середньої школи / Л. Гриневич, Т. Елькін, М. Калашнікова та ін. ; за заг. ред. М. Грищенка. Київ : Міністерство освіти і науки України, 2016. 34 с.

34. Освітня програма «Інтелект України» для базової середньої школи (5–6 класи) / за наук. ред. І. В. Гавриш. Харків : [б. в.], 2022. 120 с.

35. Паламарчук В. Ф. Першооснова школи: як навчити учня мислити : посібник для вчителя. Київ : Радянська школа, 1989. 124 с.

36. Пометун О. І. Енциклопедія інтерактивного навчання. Київ : [б. в.], 2014. 144 с.

37. Приходько С. В. Використання біотехнологічних методів у навчальних проектах з біології. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2018. № 4. С. 15–19.

38. Про затвердження Правил проведення Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів - членів Малої академії наук України : Наказ Міністерства освіти і науки України від 08 лютого 2021 р. № 147 : станом на 2026 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0432-21

39. Про захист тварин від жорстокого поводження : Закон України від 21 лютого 2006 р. № 3447-IV : станом на 2026 р. Відомості Верховної Ради України. 2006. № 27. Ст. 230. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15

40. Родіонов В. В. Розвиток ключових і предметних компетентностей учнів у процесі експериментальної діяльності з біології. *Педагогічний альманах.* 2021. Вип. 48. С. 102–109.

41. Сидорович М. М. Методологічні засади навчального експерименту в процесі підготовки майбутніх учителів біології. *Наукові*

записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Педагогіка. 2015. № 3. С. 34–41.

42. Сиротенко А. Й. Сучасні педагогічні технології: від теорії до практики. Полтава : ПОІППО, 2010. 164 с.

43. Соломенко Л. І. Формування екологічної відповідальності старшокласників у процесі виконання дослідницьких проєктів з біології. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2021. № 4. С. 22–27.

44. Соломенко Л. І., Матяш Н. Ю. Особливості вивчення генетичних закономірностей у базовій середній школі з використанням цифрових технологій. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2022. № 3. С. 18–24.

45. Степанюк А. В., Гладюк Т. В. Дослідницька діяльність учнів як засіб формування природничо-наукової компетентності. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.* Серія: Педагогіка. 2019. № 1. С. 45–52.

46. Степанюк А. В., Гладюк Т. В., Міщук Н. Й. Теоретико-методичні засади формування дослідницької компетентності учнів у процесі навчання біології. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Педагогіка. 2021. № 1. С. 62–71.

47. Степанюк А. В., Міщук Н. Й. Віртуальний біологічний експеримент як інноваційна форма навчання в умовах цифровізації освіти. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Педагогіка. 2022. № 2. С. 54–62.

48. Степанюк М. М. Формування дослідницьких умінь учнів у процесі навчання природничих дисциплін. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Педагогіка. 2012. № 2. С. 45–51.

49. Сухомлинський В. О. Павлиська середня школа. Вибрані твори : в 5-ти т. Київ : Радянська школа, 1977. Т. 4. С. 7–390.

50. Топузов О. М., Малихін О. В., Ковальчук В. І. Педагогіка: інформаційно-діяльнісний підхід : навчальний посібник. Київ : Педагогічна думка, 2018. 296 с.

51. Фамеліс С. А. Формування дослідницьких умінь старшокласників у процесі навчання біології : навч.-метод. посіб. Вінниця : Планер, 2015. 112 с.

52. Черевченко Т. М., Лаврентьєва А. М., Іванніков Р. В. Біотехнологія тропічних і субтропічних рослин *in vitro.* Київ: Фітосоціоцентр, 2008. 160 с.

53. Шейко В. М., Кушнаренко Н. М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності : підручник. 5-те вид., стер. Київ : Знання, 2006. 307 с.

54. Ярошенко О. Г. Хімічний експеримент як засіб формування дослідницьких умінь учнів. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2014. № 4. С. 12–16.

55. Campbell D. T., Stanley J. C. Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research. Chicago : Rand McNally & Co, 1963. 84 p.

56. Cochran W. G. Sampling Techniques (3rd ed.). New York : John Wiley & Sons, 1977. 428 p.

57. Glass G. V., Stanley J. C. Statistical Methods in Education and Psychology. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1970. 596 p.

58. Gottsdanker R. Experimenting in Psychology. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1978. 331 p.