

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет біології, географії і екології
Кафедра біології людини та імунології

МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ СУЧАСНИХ ДОСЯГНЕНЬ
БІОТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ БІОЛОГІЇ

Кваліфікаційна робота (проект)
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Виконала: студентка 212М групи
Спеціальності 014.05 Середня освіта
(Біологія та здоров'я людини)
Освітньо-наукової програми Біологія
Горобець Анна Сергіївна
Керівник: к.б.н., доц. Шкуропат А.В.
Рецензент: к.б.н., доц. Загороднюк Н.В.

Херсон – 2020

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ	
РОЗДІЛУ «БІОТЕХНОЛОГІЯ»	6
1.1. Документи, що регламентують викладання шкільного курсу біології.....	6
1.2. Компетентнісний підхід до викладання біології	7
1.3. Реалізація наскрізних змістовних ліній в темі «Біотехнологія».....	10
1.4. Особливості теми «Біотехнологія»	13
1.5. Форми завдань, які можуть бути застосовані під час вивчення теми «Біотехнологія».....	15
РОЗДІЛ 2. ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ДОСЯГНЕНЬ	
БІОЛОГІЇ ПРИ ВИВЧЕНІ РОЗДІЛУ «БІОТЕХНОЛОГІЯ»	20
2.1. Значення вивчення сучасних досягнень біотехнологій	20
2.2. Досягнення біотехнологій в медицині	21
2.3. Досягнення біотехнологій в сільському господарстві	24
2.4. Використання біотехнологій в інших галузях	24
2.5. Біотехнологія та біобезпека	26
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИВЧЕННЯ	
РОЗДІЛУ «БІОТЕХНОЛОГІЯ»	28
3.1. Метод культури клітин	28
3.2. Методи отримання культур клітин.....	31
3.3. Використання дріжджів в біотехнологічних процесах	33
3.4. Біологічні властивості нікотинової кислоти	34
3.5. Методика проведення дослідження	35
3.6. Результати дослідження	38
ВИСНОВОК	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44

ВСТУП

Актуальність дослідження. Останні декілька років в Україні триває реформа системи освіти, яка спрямована на отримання учнями якісних здібностей, а також наближення вітчизняних стандартів освіти до європейських вимог.

В сучасному суспільстві з високими темпами відбуваються зростання кількості нових знань та технологій, глобалізація світового господарства, що разом вимагають упровадження в освіті компетентнісного підходу. Це також пов'язане з потребами створення умов для саморозвитку та самореалізації української молоді, що робить її конкурентоспроможною на міжнародному ринку праці [50].

Технологічні розробки в таких галузях як медицина, сільське господарство, промисловість визначають майбутні освітні підходи, і навчальні програми оновлюються відповідним чином. Біотехнологія в природничій освіті є невід'ємною частиною предметної компетентності.

Біотехнологія являє собою актуальну передову тему для учнів, які вивчають біологію в XXI столітті. Інтегрована наука, така як біотехнологія, відіграє важливу роль у вирішенні питань стійкого виробництва продуктів харчування та покращення здоров'я людини. Тому досить важливим є те, щоб учні розуміли пов'язані з цим концепції та враховували переваги та недоліки цієї галузі науки, для того щоб бути поінформованими громадянами та приймати рішення. Ефективна біотехнологічна освіта необхідна для розвитку знань та наукової грамотності учнів. Тому зміст навчальної програми є важливим в ситуаціях прийняття рішень, пов'язаних з біотехнологічними процесами.

Хоча біотехнологія і є досить важливою та швидко розвиваючою галуззю біології, її вивченню приділяється не так багато уваги під час викладання шкільного курсу біології. Причинами цього можуть бути недостатня обізнаність вчителів в цій галузі біологічних знань, обмежена кількість годин на вивчення, а також через можливе особисте упереджене ставлення вчителя щодо позитивних та негативних сторін

використання біотехнологій. Для вирішення цих проблем необхідно умовою є розробка інноваційних підходів до вивчення біотехнологій в шкільному курсі біології, а також забезпечити створення відповідного середовища навчання. Застосування інноваційних методів навчання позитивно впливає на учнів, підвищує їх інтерес до навчання та покращує емоційне середовище в класі [60,66].

Мета дослідження – вивчити особливості методики навчання під час вивчення теми «Біотехнологія» на уроках біології.

Завдання:

1. Провести теоретичний аналіз особливостей викладання нової шкільної програми з біології загалом та розділу «Біотехнології» зокрема.
2. Провести аналіз наукової літератури стосовно сучасних досягнень в біології, які можуть використовуватися в шкільному курсі.
3. Дослідити можливості використання в шкільному курсі біології при вивченні теми «Біотехнологія» дослідів з використанням методу культури клітин, на прикладі дослідження біологічного впливу нікотинової кислоти на культуру дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*.

Об'єкт дослідження – особливості методики викладання біології в умовах сучасної освіти.

Предмет дослідження – особливості викладання сучасних досягнень біології під час вивчення розділу «Біотехнологія» на уроках біології

Методи та методики дослідження. З метою досягнення поставлених завдань були використанні такі методи: аналіз офіційних документів, наукової та методичної літератури; мікробіологічні методи.

Практичне значення одержаних результатів роботи полягає в тому, що вони можуть бути використанні при викладанні таких дисциплін як «Методика навчання біології», «Біотехнологія», а також для практичної підготовки майбутніх вчителів біології.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше було проаналізовано зміст та мету розділу «Біотехнологія» шкільного курсу біології з точки зору реалізації компетентностей та наскрізних змістовних ліній. Вперше запропоновано методику використання методу культури клітин при вивченні відповідної теми розділу з метою кращого розуміння біологічних основ сучасних біотехнологій.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів та висновків. Список літератури складає 67 найменувань.

Апробація результатів роботи. Результати дослідження були представлені на Міжнародній науково-практичній конференції «Теоретичні та практичні аспекти розвитку науки та освіти» (Львів, 2020 рік).

Публікації. Результати роботи висвітлено в статті в збірнику науково-практичної конференції:

Шкуропат А.В., Горобець А.С. Вплив нікотинової кислоти на параметри росту культури клітин. Теоретичні та практичні аспекти розвитку науки та освіти (частина II): матеріали Міжнародної науково-практичної конференції м. Львів, 22-23 січня 2020 року. Львів: Львівський науковий форум, 2020. С. 7-9.

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ РОЗДІЛУ «БІОТЕХНОЛОГІЯ»

1.1. Документи, що регламентують викладання шкільного курсу біології

Останнім часом активно здійснюються зміни в шкільній освіті, в тому числі й в шкільній біологічній освіті. Всі ці зміни відбуваються в контексті реалізації концепції «Нова українська школа» та «Закону України «Про освіту». В основу цих документів закладено підвищення якості освіти, як в цілому, так і біологічної в тому числі, а також формування компетентної особистості учня [37].

Відбувається перехід від предметоцентризму до дитиноцентризму, який забезпечується зміною змісту шкільного курсу біології. На основі компетентнісного підходу, знання мають стати ключем для вирішення повсякденних ситуацій та забезпечувати успішну самореалізацію учнів, а не бути багажем «про всяк випадок». І відповідно до цього, головним завданням шкільної освіти є формування в учнів потреби в неперервній освіті [41].

В статті 12 Закону України «Про освіту» вказано, що «повна загальна середня освіта має три рівні освіти: початкова освіта тривалістю чотири роки; базова середня освіта тривалістю п'ять років; профільна середня освіта тривалістю три роки» [45].

Зміст базової середньої біологічної освіти висвітлений в освітній галузі «Природознавство» Державного стандарту базової середньої освіти (2011).

Відповідно до Державного стандарту базової середньої освіти «метою природничої освітньої галузі є формування особистості учня, який знає та розуміє основні закономірності живої і неживої природи, володіє певними вміннями її дослідження, виявляє допитливість, на

основі здобутих знань і пізнавального досвіду усвідомлює цілісність природничо-наукової картини світу, здатен оцінити вплив природничих наук, техніки і технологій на сталий розвиток суспільства та можливі наслідки людської діяльності у природі, відповідально взаємодіє з навколишнім природним середовищем» [22].

Окрім зазначених вище документів, вчитель у своїй роботі користується методичними рекомендаціями щодо викладання навчальних предметів у закладах загальної середньої освіти. Ці рекомендаційні листи формуються Міністерством освіти і науки України та щороку надсилаються до навчальних закладів напередодні нового навчального року.

1.2. Компетентнісний підхід до викладання біології

Останнім часом основною проблемою сучасної освіти є необхідність практичної підготовки учнів до майбутнього життя, а не лише надання теоретичних знань. Результатом такої модернізації освіти є формування компетентностей, що являють собою не лише сукупність знань, а й характеризують вміння застосовувати ці знання й досвід в певній життєвій ситуації [56].

Знання, уміння та навички, які учні отримують під час навчання в школі, без сумніву є важливими, але в сучасному суспільстві все більшої актуальності набуває наявність компетентностей в учнів. Це визначається багатьма чинниками, оскільки на думку багатьох міжнародних експертів, саме компетентності є певними індикаторами, що визначають готовність людини до особистого розвитку та активної участі в житті суспільства [39].

У багатьох освітніх системах компетентнісний підхід характеризується як новий підхід, який впливає не лише на структуру знань, але й на якість освіти загалом [17]. Впровадження такого підходу

обумовлює зміни в змісті та організації навчального процесу, а також розширює зміст освіти та вимагає змін в оцінюванні та контролі навчальних досягнень учнів [36].

Компетентнісний підхід до навчання було започатковано в 70-х роках минулого століття. Термін «компетенція» вперше був використаний Н. Хомським у 1965 році в Масачусетському університеті для пояснення здатності носіїв мови використовувати емпіричні знання, які досить часто не усвідомлюються, для своєї комунікативної діяльності та мовної поведінки [35].

Для системи компетентностей характерна ієрархічна структура, яка складається з рівнів:

1. Ключові компетентності – характеризують здатність учня виконувати складні види діяльності та ефективно розв’язувати поставленні проблеми.

2. Загальногалузеві компетентності – формуються під час вивчення змісту конкретної освітньої галузі протягом навчання в середній школі.

3. Предметні компетентності – стосуються кожного конкретного предмета з певної освітньої галузі [9].

В наш час все більшого значення набуває вміння інтегрувати та творчо підходити до використання набутих знань, оскільки це допомагає виконувати різноманітні суспільні та професійні функції, сприяє швидкій адаптації до нових умов праці та переходу між різними видами діяльності [15].

Розглянемо більш детально кожен рівень компетентностей.

Ключові компетентності включають окремі групи компетентностей: соціальні, комунікативні, інформаційні, компетентності самоосвіти та здоров’язберігаючі компетентності.

Ключова компетентність представляє систему здібностей особистості, які дозволяють їй свідомо розвивати свою індивідуальність, вирішувати різні життєві ситуації та виконувати набуті соціальні ролі.

Предметна компетентність характеризується сукупністю знань, умінь та навичок з конкретного предмету, які необхідні учневі для розв'язання задач, проблем та ситуацій під час навчального процесу.

Їх основним завданням є формування в учнів наукового стилю мислення, розуміння наукових основ сучасного виробництва та технологій, а також удосконалювати навички безпечного життя в умовах високотехнологічного суспільства та взаємодії з природним середовищем [9].

Окрім цих основних компетентностей дуже часто виділяють біологічну компетентність, яка формується в процесі профільного навчання в старшій школі.

Біологічна компетентність характеризується сформованою біологічною картиною світу, науковим стилем мислення, знаннями про перспективи та проблеми різних біологічних галузей; вмінням застосовувати ці знання в повсякденних ситуаціях та розуміти значення знань для майбутньої професійної освіти та діяльності.

Вона включає в себе декілька складових:

1. Логіко-змістовна компетентність – характеризує рівень розвитку інтелектуальних та психічних якостей учнів, їх прагнення до самоосвіти, здатність до побудови логічних висновків і т.д.

2. Операційна компетентність – визначає вміння практично застосовувати знання, планувати та проводити дослідження з біології, розв'язувати проблемні завдань.

3. Дослідницька компетентність – формується під час виконання різноманітних лабораторних та польових практикумів. Характеризується вона здатністю реалізувати свій потенціал на практиці, планувати

дослідження, формувати їх мету та основну проблему, аналізувати отримані результати та на їх основі робити висновки.

4. Пізнавальна компетентність – характеризує здатність учнів до пізнавальної діяльності, на основі якої формуються знання та вміння в галузі біології, а також навички підвищення продуктивності пізнавальної діяльності (планування, рефлексія, ціле покладання і т.д.) [13].

1.3. Реалізація наскрізних змістових ліній в темі «Біотехнологія»

При реформуванні освіти відбулося багато змін, однією з головних є включення в предметний зміст наскрізних змістових ліній, чотири з яких є спільними для всіх предметів та відповідають ключовим компетентностям. Це такі змістовні лінії: «Громадянська відповідальність», «Екологічна безпека і сталий розвиток», «Здоров'я і безпека», «Підприємливість і фінансова грамотність» [37].

Формування компетентностей в межах наскрізної змістовної лінії **«Громадянська відповідальність»** на уроках біології включає соціальні та громадянські компетенції, які спрямовані на виховання особистості та становлення її загальної та екологічної культури, сприяння усвідомленню власної відповідальності за збереження Землі, зміцнення духовних та фізичних складових здоров'я кожного учня з метою сприяння розвитку демократичного громадянського суспільства [46].

Процес реалізації цієї змістовної лінії є комплексним, оскільки включає знаннєвий, діяльнісний та ціннісний компоненти [37].

Компетентнісний потенціал розкриття наскрізних змістовних ліній розгорнуто пояснюється в пояснювальній записці до навчальних програм, а в кожній темі висвітлюються матеріали курсу, які можуть

бути використанні для реалізації кожної конкретної наскрізної змістовної лінії. Зокрема, під час вивчення теми «Біологія як основа біотехнології та медицини» в 9 класі, учнів необхідно спрямовувати на «розуміння моральних і соціальних аспектів біологічних досліджень в галузі біотехнології та генетичної інженерії, важливість профілактики упередженого ставлення до сучасних технологій» [18, 4].

«Екологічна безпека і сталий розвиток». На сьогоднішній час все помітнішими стають проблеми взаємодії суспільства і природи. В минулому столітті людство все частіше стало розуміти, що з часом людський вплив на природу стає менш контрольованим та може навіть загрожувати існуванню цивілізації. У зв'язку з цим, важливе значення почали надавати освіті, у процесі якої повинні сформуватися екологічна культура та мислення, на основі фундаментальних знань з біології та екології.

Відповідно до цього, кожен учень повинен мати певний базис екологічних знань, які дозволять розуміти екологічні проблеми та оптимально їх вирішувати на основі наукових знань, досвіду людства та власних цінностей [29].

Відповідно до цього, ще одним завданням шкільної біологічної освіти є формування громадян, які будуть усвідомлювати свою відповідальність за безпеку країни загалом, та екологічну безпеку в тому числі. Тому, екологічна освіта як складова частина загальної середньої освіти повинна бути спрямована на оволодіння учнями наукових основ взаємодії між природою а суспільством, усвідомлення основ раціонального природокористування та необхідності поліпшення довкілля та його захисту. Окрім цього, екологічну компетентність учнів потрібно розглядати як показник якості екологічної освіти у системі стратегій та принципів сталого розвитку [37].

Відповідно до навчальної програми з біології реалізація наскрізної змістовної лінії «Екологічна безпека і сталий розвиток» під час вивчення

теми «Біологія як основа біотехнології та медицини» в 9 класі «орієнтує на розуміння переваг сучасних біотехнологічних підходів над методами класичної селекції; спрямовує на обговорення переваг та можливих ризиків використання генетично модифікованих організмів, моральних і соціальних аспектів біологічних досліджень; на прикладах речовин (продукції), які одержують методами біотехнологій і генної інженерії, демонструє важливість наукоємних технологій у сталому розвитку людства» [4].

«Здоров'я і безпека». В наш час до одних з пріоритетних завдань суспільного розвитку відносяться питання здоров'я та його збереження. Базова шкільна біологічна освіта виступає в якості можливого шляху закладання основних знань про здоров'я, способи його збереження та безпечну життєдіяльність людини. Відповідно до цього, одним із завдань є набуття учнями фундаментальних знань, вмінь та навичок застосування цих знань, ціннісних орієнтацій на різноманітні способи збереження здоров'я та розуміння його значення для повноцінної самореалізації особистості в житті [42].

Шкільний курс біології у темі «Біотехнологія» має компетентнісний потенціал змісту, що орієнтований на формування здатності характеризувати генетично модифіковані організми та можливі переваги та недоліки їх використання; застосування знань для оцінки сучасних біотехнологій та наслідків їх застосування, як позитивних, так і негативних; обговорення можливостей застосування генетично модифікованих організмів.

Мета наскрізної змістової лінії **«Підприємливість і фінансова грамотність»** полягає у розвитку лідерської ініціативності, здатності успішно діяти в технологічному середовищі, що досить швидко змінюється, забезпеченні більшого розуміння молодими українцями практичних аспектів з різних фінансових питань (заощадження, інвестиції, позики, кредити та страхування) [37].

Учні 9 класу при вивченні теми «Біотехнологія», як зазначено в початковій програмі з біології, орієнтують на «розуміння переваг сучасних біотехнологій над класичними методами селекції; значення для підприємницької діяльності сучасних наукоємних технологій, зокрема, в діагностиці та корекції спадкових хвороб людини, у використанні генетично модифікованих організмів та речовин (продукції), які одержують методами генної інженерії» [4].

1.4. Особливості теми «Біотехнологія»

Досягнення останніх років у застосуванні методів молекулярної біології та біотехнології для вирішення багатьох проблем суспільства, наприклад, таких як голод, за рахунок підвищення рівня виробництва та харчової цінності продуктів, були сприйняті громадськістю з певним рівнем скептицизму та стурбованості. Більшість дискусій, що пов'язані з використанням біотехнологій зосереджені на генетично модифікованих організмах. Це пов'язано з тим, що в різних формах засобів масової інформації переважають досить суперечливі погляди на переваги та недоліки продуктів біотехнології.

Для того, щоб більш критично оцінювати переваги та небезпеки застосування біотехнологій в різних галузях, необхідно мати глибокі знання та розуміння наукових основ біотехнологічних процесів. Саме розширення знань з цієї теми й вимагає впровадження вивчення розділу біотехнології до шкільного курсу [61].

Теоретичні основи біотехнології в шкільному курсі біології розглядаються під час вивчення теми «Біологія як основа біотехнології та медицини» в 9 класі та теми «Застосування результатів біологічних досліджень у медицині, селекції та біотехнології» в 11 класі [4, 5].

Під час вивчення теми 9 класу «**Біологія як основа біотехнології та медицини**» розглядаються перспективні напрямки біології, актуальні

прикладні проблеми, які пов'язані з біологічними науками. Основою для отримання нових знань є життєвий досвід учнів та знання, отриманні при вивченні попередніх тем.

Особливістю теми є те, що більшість уваги приділено на стільки діяльнісним елементам навчання, а стільки формуванню ціннісного компонента. Основними діяльнісними компонентами є вміння порівнювати між собою методи класичної селекції та сучасні біотехнологічні методи. До ціннісних компонентів належать вміння застосовувати набуті знання з метою оцінки позитивних і негативних наслідків застосування біотехнологій, генетично модифікованих організмів та моральних аспектів досліджень в різних галузях біології [37].

У минулому навчальному році (2019\2020) було завершено впровадження навчальних програм для старшої школи, розроблених відповідно до Державного стандарту (2011). Так в курсі біології та екології одинадцятого класу навчальний матеріал поділений на теми, однією з яких є **«Застосування результатів біологічних досліджень у медицині, селекції та біотехнології»**.

Саме в цій темі реалізується розвиток понять про сучасні біотехнології та їх методи. Основним завданням теми є формування свідомого ставлення учнів до досягнень сучасної біології, в тому числі й проблем репродуктивної медицини та генної модифікації людини. Також в до цього розділу було додану нову тему, що розкриває поняття біологічної безпеки та біологічної зброї. Тому під час вивчення цієї теми варто зосередити увагу на аспектах безпеки під час проведення біологічних досліджень, при створенні генетично модифікованих організмів [58].

З метою розширення розуміння й усвідомлення в учнів значення біологічних знань, потрібно обговорювати та більш детально висвітлювати питання біобезпеки, звертати велику увагу на відкриття

вчених-біологів, про які часто повідомляється в засобах масової інформації та які стають невід'ємною частиною повсякденного життя учнів та їх сімей. Але разом з тим варто наголошувати на тому, що використання досягнень науки в практичних цілях створює нові проблеми, як для науки та людини, так і для природи. І саме обговорення на уроках біології цих проблем та способів їх подолання дозволить сформувати особистий досвід учні в пізнавальній, практичній та оцінній діяльності, та зменшити їх рівень відчуження від біології [37].

1.5. Форми завдань, які можуть бути застосовані під час вивчення теми «Біотехнологія»

Різноманітні опитування серед учнів та студентів говорить, про те що збільшення знань про біотехнологічні процеси збільшують кількість тих, хто схвалює використання біотехнологій для потреб суспільства. Сьогодні створюється велика кількість різноманітних педагогічних підходів, які заохочують до активного навчання та отримання навичок критичного мислення, які необхідні для отримання більш глибоких знань про біотехнології [61].

Для вдосконалення знань можуть використовуватися різноманітні завдання, серед яких можна назвати ситуаційні завдання, компетентнісно-орієнтовані завдання, проектно-рольові ігри, біотехнологічні дослідження.

До **ситуаційних завдань** належать завдання, що піднімають особистісні чи соціально важливі проблеми. Під час виконання цих завдань учні можуть виявити, що їхній життєвий досвід та деякі погляди на певні проблеми є неефективними в умовах реального життя.

Саме проблемність є однією із важливих характеристик завдань цієї групи. В результаті виконання ситуаційних завдань учні знаходять нові знання, яке буде сприйматися як свій власний результат.

Застосування ситуаційних завдань під час вивчення біології забезпечує певний рівень зв'язку навчання з реальним життям учнів, дозволяє усвідомити роль знань з біології для розуміння явищ та процесів у живій природі. Також такий формат завдань дає можливість зрозуміти настільки знання, що отримуються в школі, можуть бути використанні учнями в реальних ситуаціях, в повсякденному житті, а ще запобігає укоріненню уявлення в учнів та батьків про те, що зміст шкільної біологічної освіти відокремлений від повсякденного життя та щоденних потреб [27].

Завдання такого характеру можна використовувати під час вивчення тем біобезпеки, застосування генетично модифікованих організмів та екомаркування.

Екомаркування – це відомості, що несуть екологічний характер про продукт, послугу чи процес. Ця інформація зазначається на виробач чи упаковках у форматі тексту чи знаків, та має на меті інформувати споживачів про чистоту товару, способи використання та утилізації, які є екологічно безпечними.

Оскільки учні є активними споживачами різноманітної продукції, вони повинні мати практичні навички вибору екологічних товарів, і в такий спосіб дбати про навколишнє середовище та власне здоров'я [37].

Компетентнісно-орієнтовані завдання дають можливість продемонструвати уміння роботи з різними джерелами інформації, створювати наочність та робити висновки на основі цієї інформації.

Завдання такого типу також часто звертаються до важливих проблем для учнів, але досить часто це не є явним та не виділяються в окремі речення.

Компетентнісно-орієнтовані завдання мають складну структуру, до складу якої входить:

1. Мотиваційний стимул, який може бути як прихованим, так і явним.

2. Основна інформація, яка наведена в розгорнутому вигляді та різних формах.

3. Завдання, що потребують вмінь опрацьовувати та перетворювати інформацію в різні форми: графіки, схеми, таблиці і т.д.

4. Завдання, що вимагають критичного мислення для тлумачення інформації та оцінки джерела цієї інформації [37].

Ще одним прикладом завдань, які можуть використовуватися при вивченні тем з біотехнології на уроках біології є **проектно-рольові ігри**. Вже з назви зрозуміло, що ці завдання включають в себе елементи проектної діяльності та рольових ігор.

Розглянемо більш детально кожен з цих видів завдань. Проектна діяльність досить розповсюджена форма організації навчального процесу, під якою розуміється самостійне вивчення учнем або групою учнів певної проблеми та захист результатів своєї роботи.

Рольова гра передбачає створення моделі певної події, головною особливістю якої є театральність, «приміряння» учасниками на собі певних визначених образів. Саме під час таких видів діяльності відбувається розвиток особистості, що пов'язаний з виникненням різних емоційних переживань в результаті реалізації сюжету гри, виконанням своєї власної ролі та спостереженням за ролями інших учасників гри. В процесі гри можуть розіграватися різноманітні ситуації та події, але найбільшій ефективності ця форма діяльності набуває тоді, коли моделюються життєві ситуації, що мають особистісний характер для учнів [25].

Отже, проектно-рольові ігри, це той вид навчальної діяльності, що поєднує у собі переваги проектної діяльності та рольових ігор, та в певній мірі може зменшити та скорегувати їх недоліки. Так наприклад, серед переваг які є в проектній діяльності можна назвати високий рівень науковості та засвоєння знань, ефективність групової взаємодії між учнями та наявність внутрішньої мотивації до пізнавальної діяльності. А

рольові ігри надають цій формі діяльності високого рівня емоційності та активності, що пов'язані з особистісними переживаннями учнів.

Під час проектно-рольових ігор учасники виконують попередньо визначенні проекти та оформлюють їх результати у вигляді певних презентацій. Це може відбуватися як в індивідуальній формі, так і в груповій. Після того, як проекти будуть виконані й готові до захисту, відбувається наступна частина – представлення своїх проектів у вигляді рольової гри. Високий інтерес до гри забезпечується за рахунок того, що результат є досить непередбачуваним, оскільки учасники до останнього не знають про результати роботи один одного [24].

Біотехнологічні дослідження є одним із найскладніших методів навчання біотехнологій, але в той же час є методом який здатний надати найбільше знань та практичних навичок при вивченні цього розділу біології.

Вже з перших років вивчення біології можна використовувати традиційні біотехнологічні методи, враховуючи їх зв'язок з повсякденним життям учнів, тобто застосування біотехнологій у виробництві продуктів харчування. Прикладами таких дослідів є виготовлення йогурту або квашеної капусти, мікроскопічне дослідження дріжджового тіста та дріжджів окремо, спостереження за збільшенням вмісту молочної кислоти в заквасці. Проводячи дослідження з мікроорганізмами, учні отримують досвід про те, що ці організми виконують важливу роль у виробництві їжі, й вчать розглядати мікроорганізми з різних сторін. Крім того, значення грибів, бактерій та інших одноклітинних організмів для розкладання органічних речовин може бути вивчена шляхом виготовлення компосту.

Починаючи з 9 класу біотехнологічні процеси можуть бути інтегровані в тему «Екологія» при вивченні екологічних проблем, наприклад значення мікроорганізмів як частини азотного циклу. В контексті реалізації здоров'язбережувальної наскрізної лінії бактерії,

гриби та віруси розглядаються як патогени, що здатні викликати захворювання.

На рівні старшої школи учні повинні знайомитися не лише з галузями застосування біотехнологій, але і з історичним розвитком біотехнологічних знань. Вони повинні не лише знати основні методи, які використовуються в біотехнології, але й мають навчитися науково аргументовано оцінювати можливості застосування цього методу. Це означає, що етичні та соціальні аспекти досить складної теми біотехнологій мають бути інтегровані в шкільний курс біології [67].

РОЗДІЛ 2

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ДОСЯГНЕНЬ БІОЛОГІЇ ПРИ ВИВЧЕННІ РОЗДІЛУ «БІОТЕХНОЛОГІЯ»

2.1. Значення вивчення сучасних досягнень біотехнологій

Зміст шкільного курсу біології тісно пов'язаний з рівнем розвитку біологічних наук. В наш час відбувається активний перехід до ринкових відносин, що вимагає певних змін в розробці змісту природничої освіти, на основі якої повинна відбуватися підготовка учнів до життя в нових умовах. Ці зміни обумовленні декількома факторами:

- оскільки XXI століття називають століттям біології, то відповідно природнича грамотність є необхідною в умовах сучасного суспільства;

- у зв'язку з видатними відкриттями в різних галузях природничих наук та застосуванням цих відкриттів для вирішення багатьох потреб людства, спостерігається значне підвищення світоглядної функції біологічної освіти;

- збільшився суспільний запит на молодь, яка має компетентності в природничих науках [40].

Оскільки рівень розвитку біологічних наук постійно підвищується, тому це зумовлює й удосконалення змісту шкільної біологічної освіти. Під час добору змісту біологічної освіти вирішальну роль відіграють два принципи, які взаємопов'язані між собою – це принцип науковості та принцип доступності.

Для сучасної біологічної науки характерний надзвичайно швидкий розвиток знань про природу та різноманітні методи її дослідження. Відповідно до цього виникають й набувають самостійного значення нові галузі біологічної науки [16]. Однією з таких галузей є біотехнологія.

Біотехнологія – це наука, що вивчає використання біохімічних процесів та біологічних об'єктів (мікроорганізмів, культур клітин та тканин різного походження, біологічно активних речовин) у промисловому виробництві.

Людство ще з давніх часів користується певними біотехнологічними процесами в різних сферах своєї діяльності. Але лише починаючи з 70-х років ХХ століття біотехнологія стала самостійною наукою, яка сформувалась на базі знань з молекулярної біології, клітинної та генної інженерії, методів мікробіології, біохімії та інших наук [14].

Коли учні вивчають біотехнологію в шкільному курсі біології, вони знайомляться з технологіям, які, з одного боку, дуже давні (коли ми говоримо про методи виготовлення хліба чи кисломолочних продуктів), але з іншого боку включає в себе новітні аспекти, коли мова йде про генетичну інженерію.

Оскільки кількість знань в цій галузі науки різко зросла за останні два десятиліття, вчителі біології повинні обмежитися викладанням основних сфер застосування біотехнології. До таких основних сфер застосування біотехнології належать фармацевтична промисловість, медицина, сільське господарство, екологічні технології, а також різноманітні методи (генна інженерія, методи культивування клітин та мікроорганізмів). З усього різноманіття методів, які застосовуються в біотехнології, генна інженерія до сих пір є однією з найбільш обговорюваних, особливо через потенційне значення для майбутнього [67].

2.2. Досягнення біотехнологій в медицині

Біотехнологія та генна інженерія, які є одними із перспективних галузей науково-технічного прогресу, активно сприяють вирішенню

багатьох задач у сфері продовольства, сільського господарства, енергетики та екології. Але особливо великі можливості біотехнології відкриваються перед медичною та фармацевтичною галузями, оскільки її застосування може призвести до корінних змін в медицині [19].

Саме в галузі охорони здоров'я відбувається найбільший розвиток та внесок новітньої біотехнології. Основними напрямками використання біотехнологій в цій сфері є виготовлення лікарських препаратів та вакцин, які використовуються для профілактики та лікування багатьох хвороб, таких як різні форми раку, серцево-судинні захворювання, цукровий діабет, інфекційні та аутоімунні захворювання. Окрім цього, методи біотехнологій знайшли широке застосування при трансплантації органів, діагностики різноманітних вірусних інфекцій та патологічних станів організму. Також на основі біотехнологій розроблено велика кількість медичних діагностичних тестів, наприклад, для визначення рівня цукру в крові, тест-системи на наркотики, ліки, гормони та експрес-тести на вагітність.

Виробництво антибіотиків також майже повністю засноване на використанні мікробіологічного синтезу. Оскільки будова антибіотиків досить складна, то хімічний синтез не є досить вигідним та дієвим варіантом для їх отримання, тому витісняється методами біотехнології [1, 31].

Завдяки більш широкому застосуванню методів біотехнології в фармацевтичній та медичній сферах з'явилося нове поняття «персоналізованої медицини», яке характеризує лікування пацієнта, що здійснюється на основі його індивідуальних особливостей, в тому числі й генетичних; навіть лікарські препарати, що використовують в процесі лікування, виготовляються індивідуально для кожного пацієнта з урахуванням стану його здоров'я.

Поява таких препаратів стала можливою завдяки застосуванню такого методу біотехнології, як гібридизація клітин [19]. Соматична

гібридизація клітин – це процес злиття двох або більше нестатевих клітин в одну. Цей процес може відбуватися як в живих організмах, так і в процесі штучного культивування клітин. Цей метод досить широко використовується для картування генів, генетичного аналізу клітин [52].

Хоча процеси гібридизації клітин та отримання гібридів ще не зовсім вивчені та відпрацьовані, важливим є те, що з їх допомогою можна отримувати моноклональні антитіла.

Моноклональні антитіла – це імуноглобуліни, які мають певний рівень специфічності та отримані за допомогою моноклональних клітинних ліній. Їхня біологічна дія характеризується здатністю специфічно зв'язуватися з антигенами.

В сучасній медицині моноклональні антитіла мають широке застосування з діагностичною ціллю. Окрім цього, на сьогодні вони застосовуються в якості високоефективних препаратів для індивідуального лікування таких важких хвороб як рак, СНІД та інші [19, 44].

Ще одним перспективним та важливим напрямком використання біотехнологій в медицині є одержання гормональних препаратів. Раніше для отримання гормонів використовували тканини й органи людини та тварин. Але цей метод є досить кропітким та не вигідним, оскільки в результаті отримували досить невелику кількість необхідного гормону. Також, у випадку використання гормонів отриманих з організму тварин, існує ризик виникнення алергічних реакцій, оскільки ці гормони за хімічною будовою відрізняють від гормонів людини. Однак за допомогою використання методів генної інженерії та модифікованих штамів мікроорганізмів на сьогодні стало можливим одержання гормонів, що мають високий рівень терапевтичної дії та невисоку собівартість. В наш час такими методами отримують інсулін, соматотропін (гормон росту), тироксин та інші гормони [28].

2.3. Досягнення біотехнології в сільському господарстві

Використання методів біотехнології в різних галузях сільського господарства дає змогу полегшити вже існуючі методи селекції рослин та тварин, а також розробити нові технології для підвищення ефективності сільського господарства.

В галузі рослинництва засобами біотехнології створюються нові сорти рослин, які є стійкими до несприятливих факторів навколишнього середовища; ведуться розробки біологічних засобів боротьби з бур'янами, гризунами, фітопатогенними грибами, вірусами та бактеріями; створюються новітні регулятори росу та добрива. Ще одним важливим напрямком впровадження біотехнології в рослинництво є розробка методів введення генів азотфіксації до геному рослин, а також можливість керування процесом фотосинтезу в рослинах.

В тваринництві за допомогою біотехнології поводять роботи в наступних напрямках: отримання трансгенних тварин з новими та покращеними характеристиками; розмноження тварин шляхом клонування, трансплантація ембріонів; отримання лікарських засобів, вакцин, моноклональних антитіл, діагностичних препаратів для профілактики та лікування хвороб у тварин; створення корму з рослинної та бактеріальної біомаси для підвищення продуктивності тварин. А також займаються проблемами переробки та утилізації відходів сільського господарства [54, 51].

2.4. Використання біотехнологій в інших галузях

Окрім використання в медицині та галузях сільського господарства, біотехнології можуть використовуватися в інших сучасних виробництвах, забезпечувати найбільш сучасні підходи до збереження та раціонального використання природних ресурсів,

зниження виробничих витрат та запобіганню забруднення оточуючого середовища. Застосування біотехнологій в промислових процесах дасть змогу не лише суттєво удосконалити виробництво традиційних продуктів, але й отримати зовсім нові [31].

Енергетика. На сучасному етапі розвитку людства в усьому світі досить гостро постає проблема забезпеченості дешевою та екологічно чистою енергією. Ця сфера застосування біотехнологій є досить перспективною, оскільки в якості джерела енергії можуть використовувати відходи різного походження (рослинні, побутові, відходи виробництва, сільського господарства), що одночасно вирішує не лише проблему доступної енергії, але й проблему утилізації відходів [10].

Окрім методів отримання енергії з різноманітних відходів, різні галузі біотехнології займаються розробкою методик, які дали б можливість підвищити рівень ефективності використання сонячної енергії. Одним із можливих методів, є збільшення рівня конверсії сонячного світла в рослини. Інший метод – можливість використання біофотолізу для отримання водню [28].

Вирішення екологічних питань. У вирішенні екологічних проблем все більшого значення набуває можливості біотехнології. Сьогодні вже навіть сформувався новий напрям – екологічна біотехнологія як специфічне використання біотехнологій у вирішенні питань охорони навколишнього середовища.

Застосування методів біотехнології в цій галузі має суттєві переваги:

- широкий спектр забруднень, які можуть буди знешкодженні за рахунок високої катаболітичної активності мікроорганізмів. Також методи генної інженерії дають змогу отримувати штами мікроорганізмів, що характеризуються більш широкими

біодеструктивними можливостями, у порівнянні з природними культурами;

- всі процеси відбуваються в природних умовах, тобто немає необхідності використовувати високі температури та тиск, на відмінну від інших методів;

- відсутність вторинного забруднення навколишнього середовища.

В більшості випадків відбувається розкладання речовин до простих сполук [49].

2.5. Біотехнології та біобезпека

Оскільки останнім часом методи біотехнології знаходять все більшого застосування в різних сферах життя та виробництва, більш актуальними стають і питання біологічної безпеки. Під біобезпекою розуміють стан, при якому не виникають генетичні, біологічні зміни в організмі під дією різноманітних біологічних об'єктів та їх компонентів, та речовин, які були з них отримані.

На сьогодні особливо актуальними стають розробки методів захисту від можливої біологічної небезпеки, що можуть бути викликані застосуванням генної інженерії.

Найбільшого суспільного резонансу набувають питання щодо використання генетично модифікованих організмів.

Генетично модифіковані організми – це організми, які мають в своєму геномі чужорідні гени, які були привнесені методами генної інженерії [21].

Велика частка пересічних громадян досить скептично та упереджено відносяться до використання генетично модифікованих організмів. Ця ситуація зумовлена недостатньою кількістю знань в галузі ДНК-технологій з одного боку, а з іншого боку, великою

кількістю інформації яка надходить із засобів масової інформації та не завжди є точною та науково обґрунтованою [48].

Однак Адміністрація по контролю за продуктами харчування та ліками (Food and Drug Administration – FDA, США) не має даних щодо того, що ДНК рослин, яка утворюється природним шляхом, чи ДНК, яка вводиться в рослину методами біоінженерії, може нести загрозу з точки зору харчової безпеки. Якщо навіть й існують побоювання щодо безпеки таких продуктів харчування, то вони, ймовірно, підпадають під одну із категорій: алергени, токсини чи баластні речовини (антинутрієнти).

Алергени. В продуктах харчування, як правило, міститься тисячі різноманітних протеїнів. Хоча більшість цих протеїнів не викликає алергічних реакцій, майже всі відомі алергени людини за своєю природою є протеїнами. Оскільки за допомогою генної інженерії є можливість введення нових протеїнів в харчові рослини, можна припустити, що під час таких маніпуляцій може бути внесений раніше невідомий алерген в продукти харчування, або вже відомий алерген в «новий» харчовий продукт.

Токсини. Є вірогідність, що новий протеїн, який введений в продовольчу культуру в процесі генетичної модифікації, зробить її токсичною.

Баластні речовини. Можливо, що привнесення баластних речовин, наприклад, молекул фітинової кислоти, призведе до зменшення вмісту важливих харчових мікроелементів, таких як фосфор [30].

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИВЧЕННЯ РОЗДІЛУ «БІОТЕХНОЛОГІЯ»

3.1. Характеристика методу культури клітин

Одним із ключових методів, які використовуються в молекулярній та клітинній біології, а також у біотехнології є метод культури клітин. Культури клітин є модельними системами, за допомогою яких вивчають різноманітні процеси життєдіяльності клітин (поділ, диференціація, біохімічні процеси, старіння та смерть клітин), а також вплив різноманітних лікарських та токсичних речовин на клітини, процеси мутагенезу та канцерогенезу [12, 63].

Однією із перспективних галузей застосування методу культури клітин є використання їх в якості систем для токсикологічних експериментів. Причина цього полягає в тому, що це відповідає сучасним нормам етики та моралі в сфері біологічних досліджень, а також вони є більш економічно вигідними [33].

Останнім часом культури клітин також знаходять широке застосування в промисловості, наприклад для отримання різноманітних продуктів біотехнологічних процесів (протівірусні вакцини, ферменти, біологічно активні речовини) [26].

Культура клітин – це гомогенна популяція клітин, що мають однакову генетичну інформацію та існують в постійних умовах. Це дає змогу досліднику оцінити як змінюються параметри росту популяції клітин, при зміні навколишніх умов та різноманітних факторів.

Використання методу культури клітин має як позитивні, так і негативні сторони.

Основною перевагою культури клітин є спостереження живих клітин в реальному часі за допомогою мікроскопа, тобто прижиттєве

спостереження, яке неможливе при використанні методів *in vivo*. Також в культуру можуть бути введені здорові клітин, які зберігатимуть свою життєздатність до кінця експерименту, й їх відносний вміст може бути оцінений досить легко [2].

З метою забезпечення активного росту культури клітин в культуральне середовище додають різноманітні сироватки або їх окремі компоненти. До їх складу входить велика кількість елементів, серед яких гормони та інші регуляторні речовини, більшість з яких залишаються досі невизначеними. Також ці речовини здатні виконувати роль позаклітинного матриксу, що є важливим фактором для відтворення нормальних фенотипових властивостей клітин *in vitro* [55].

Окрім цього використання методів *in vitro* є більш економічно вигідним у порівнянні з використанням тварин або людей для дослідження дії певних речовин на живий організм. Це обумовлене двома факторами. По-перше, навіть при використанні невеликої кількості клітин можна отримати суттєві результати, особливо під час встановлення багатьох параметрів під час скринінгових досліджень. А по-друге, речовини, дія яких досліджуються, використовуються в меншій кількості. Це досягається за рахунок того, що діючі речовини не метаболізуються і не запасуються в органах, які не вивчаються під час певного експерименту, як це відбувається з експериментами *in vivo*.

Ще однією перевагою використання культур клітин є зменшення частки тварин та людей для проведення досліджень. Відповідно це зменшує кількість юридичних та етичних проблем, які існують під час проведення експериментів на тваринах [2; 55].

Культура клітин, на відмінно від зразків тканин з живих організмів, є гомогенною після декількох пересівів. Тому в такій культурі всі клітини ідентичні, їх характеристика зберігається протягом кількох поколінь чи у випадках замороження та тривалого зберігання за

допомогою рідкого азоту. Ідентичність клітин забезпечує зниження необхідності в проведенні варіаційного статистичного аналізу.

Але незважаючи на переваги методів культури клітин, існують й певні недоліки. По-перше, використання цього методу потребує наявності певного рівня спеціальних навичок та технічного забезпечення. Культивування клітин має відбуватися в умовах строгої асептики, оскільки існує небезпека зараження культури контамінантами (пліснявими грибами, бактеріями, дріжджами). Для культури клітин тварин, у зв'язку з їх нездатністю до ізолюваного існування, обов'язковою умовою є внесення до культури компонентів сироватки, що будуть відтворювати умови схожі до міжклітинної речовини чи плазми крові, а це потребує певних навичок для точного визначення кількості внесення цих речовин та усунення можливих помилок [55].

Ще одним недоліком є те, що під час культивування клітини втрачають структурну організацію та не мають гістологічної архітектури, яка характерна для клітин в живому організмі [2].

В період досягнення перших успіхів в галузі утворення клітинних ліній в 50-х роках минулого століття, багатьма дослідниками було помічено, що культури клітин втрачали фенотипові ознаки, що є характерними для тканин, з яких були отриманні ці клітини. Спочатку вважалося, що причиною цього є процес дедиференціювання, який є протилежним до процесу диференціювання. Але пізніше було з'ясовано, що цю втрату різних гістологічних характеристик можна пояснити швидкими темпами росту недиференційованих клітин. За рахунок розробки культуральних середовищ, що в своєму складі не мають сироваток, стало можливим виділяти клітини особливого походження. В результаті цього стало зрозуміло, що якщо підібрати правильно умови культивування, то стає можливим відновлення втрачених властивостей дедиференційованих клітин.

Через втрату диференційованими клітинами свої властивостей через різноманітні причини, складним стає виявлення спорідненості цих клітин з клітинами тканин, з яких вони були отриманні. Тому виникає необхідність використання маркерів для ідентифікації походження та характеристики цих клітин. Відповідно, отримання таких маркерів вимагає вдосконалення та модифікацій в системах культивування.

Також на обмеження використання методу культури клітин впливають обмеження з економічної точки зору. Це пояснюється наявністю великих об'ємів роботи та матеріалів, що потрібні при отриманні невеликої кількості кінцевих продуктів. У випадку якщо метод культури клітин використовується для досліджень у невеликих лабораторіях, то партії клітин які вони можуть виростити є досить невеликими у порівнянні з промисловим рівнем виробництва, де є можливість утворення клітин у великих масштабах за допомогою спеціального обладнання [55].

Але напевно найбільшою проблемою використання культури клітин є їхня відсутність постійного фенотипу і, відповідно, гомогенності. Ця проблема пов'язана з анеуплоїдним набором хромосом тваринних клітин, що не є постійно стабільним. Навіть в культурах, які мають короткий термін існування, присутня гетерогенність здатності та рівня інтенсивності до диференціювання, що в свою чергу призводить до варіабельності результатів.

Первинні культури в основному представлені тими типами клітин, які характерні для тканин, з яких їх отримали. Пересівання культур, з одного боку, забезпечує збільшення терміну існування культур, але з іншого боку, збільшується рівень однорідності популяцій та втрачаються спеціалізовані клітини [2, 55].

3.2. Методи отримання культур

Сьогодні виділяють два основні напрямки в методі культури: культура окремих клітин та культури тканин та органів. Вибір одного із цих напрямків залежить від мети та завдань, що стоять перед дослідником. Джерелами для виділення матеріалу для культивування можуть бути як стовбурові клітини, так і диференційовані клітини або тканини, які можуть бути отриманні зі здорових органів чи пухлин. Культури, які будуть отриманні з різних джерел будуть мати характерні морфологічні, біохімічні та фізіологічні особливості [8].

Культури, що одержують зі стовбурових чи ембріональних тканин характеризуються певними перевагами:

- вищий рівень виживання клітин та їх активніший ріст, якщо порівнювати із диференційованими тканинами. Такий ефект забезпечується низьким рівнем спеціалізації та наявністю клітин-попередників, що здатні до реплікації.

- при отриманні культур з ембріональних клітин знижується ризик вторинної контамінації, за рахунок стерильності ембріональних тканин.

Час життя клітин в культурі у великій мірі залежить від того, з якої тканини вони були одержані. Так, наприклад, якщо культуру отримали із клітин здорової тканини вона буде мати обмежений час існування, в той час як культури пухлинних клітин мають здатність до необмеженої проліферації. Якщо в культуру вводяться нормальні клітини, тоді спостерігається повне припинення їх проліферації, що спричинене диференціюванням клітин. Якщо ми говоримо про пухлинні клітини, то в них здатність до проліферації зберігається навіть при частковій диференціації клітин [26; 59].

Отримання первинної культури відбувається в асептичних умовах та з використанням стерильних інструментів. Клітини для культур отримують із тканин свіжих органів, які подрібнюються скальпелем на невеликі шматочки та піддаються дії протеолітичних ферментів, з метою руйнування міжклітинної речовини. Клітинну суспензію, що утворилась

промивають розчином фізіологічного буфера з метою видалення залишків ферментів. Після цього суспензію із клітин переносять до чашки Петрі або спеціальних пляшечок. Тонкий шар клітин, який ніби «приклеюється» до дна посудини, вкривають шаром відповідного поживного середовища та інкубують при певній температурі. В результаті утворюється моношар з клітин. Для його формування необхідно до 5 днів. Швидкість, з якою він буде утворюватися, залежить від тканини, з якої були отримані клітини, посівної концентрації, якості поживного середовища. Зміна поживного середовища відбувається за необхідністю та по мірі забруднення продуктами життєдіяльності. Протягом 7-21 діб моношар має здатність зберігати життєдіяльність [26; 64].

3.3. Використання дріжджів в біотехнологічних процесах

Останнім часом в біотехнологічних процесах все частіше використовуються дріжджі, як продуценти різноманітних речовин [53].

Дріжджі культивуються в промислових масштабах без особливих труднощів, що робить їх економічно та екологічно вигідними об'єктами. Для них характерний швидкий ріст, стійкість до чужорідної мікрофлори, та високий вміст білка в сухій речовині. Велика кількість даних в різних галузях були отриманні за допомогою дріжджів роду *Saccharomyces*, а саме на виді *Saccharomyces cerevisiae*, які більш відомі як пекарські або пивні дріжджі [3].

Також дріжджі набули широкого використання в якості модельних організмів, для вивчення процесів функціонування живих систем. Це пов'язане з певними перевагами дріжджів як модельних систем:

- 1) можливість дослідження ролі певних генів при використанні штамів, які мають дефекти за цими генами;

2) подібні до тваринних клітин процеси метаболізму, реалізація спадкового матеріалу, відповіді на зміни середовища [32].

Окрім цього, дріжджі є досить привабливими при вивченні протипухлинних речовин та фундаментальних процесів в живих організмах. Наприклад, дріжджі використовували при вивченні механізмів старіння, експресії генів, метаболічних процесів, факторів апоптозу. Це обумовлено легкістю маніпулювання та генетичною піддатливістю цих організмів, що робить дріжджі ідеальними біологічними об'єктами для вивчення біологічних функцій та хімічного скринінгу [62, 65].

Разом з тим, дріжджі як об'єкти багатьох експериментів мають багато технічних переваг, що обумовлюють швидкий прогрес в галузі молекулярної генетики. Це спричинено можливістю маніпулювати окремими їх клітинами, легкістю виділення мутантних клітин та детально вивченим генетичним матеріалом. Не менш важливим є те, що клітини дріжджів не являються патогенними, і відповідно під час роботи з ними не потрібні спеціальні заходи безпеки [7].

3.4. Біологічні властивості нікотинової кислоти

Нікотинова кислота та її амід (нікотинамід) мають однакову вітамінну активність, та відомі як вітамін РР [47]. Вперше нікотинову кислоту отримав Хубер у 1867 році, але її вітамінні властивості та здатність попереджати та виліковувати пелагру були встановлені лише в 1937 році, після того як група вчених під керівництвом Кондрата Ельвеєма за допомогою екстракту нікотинаміду успішно вилікували захворювання «чорний язик» (страждають собаки), яке схоже з пелагрою [43].

Нікотинова кислота вже більше 40 років активно використовується в медичній практиці. Останніми роками вивчається її широкий спектр

дії, і відповідно вона набуває все більшого застосування не лише для профілактики пелагри, але й для лікування розсіяного склерозу, хвороб печінки, серця. Важливе значення нікотинова кислота має при застосуванні сульфаніламідів у лікувальних цілях, оскільки це може спричинити порушення обміну речовин, через затримку біосинтезу нікотинової кислоти в організмі [6, 34, 47].

Біологічна роль вітаміну РР полягає в участі біосинтезу нікотинамідних коферментів НАД та НАДФ, що входять до складу багатьох дегідрогеназ початкових стадій окиснення різноманітних сполук (жирних кислот, вуглеводів, білків і т.д). НАД та НАДФ забезпечують перенесення молекул водню в окисно-відновних реакціях живих організмів. Також НАД виступає у ролі алостеричного регулятора активності ферментів енергетичного обміну, донором залишків аденіну під час репарації ДНК, причиною якої є розриви фосфодіефірних зв'язків; регулює синтез та подвоєння молекул ДНК.

Нікотинова кислота, на відміну від інших вітамінів, може утворюватися в організмі під час синтезу з триптофану. Але вона утворюється в невеликій кількості, і тому також повинна надходити з їжею [23, 38].

Нікотинова кислота у вигляді аміду входить до складу клітин як рослин, так і тварин. Найбільшим джерелом нікотинової кислоти є дріжджі, печінка, молоко, нежирне м'ясо, зелене листя овочів та томати [20, 43].

3.5. Методика проведення дослідження

Метою експериментального дослідження було визначити біологічну дію нікотинової кислоти на кінетику росту культури клітин дріжджів. Під час дослідження впливу нікотинової кислоти було

використано леофілізовану культуру дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, яку було засіяно на бульйон Сабуро.

Для приготування середовища Сабуро, основою якого є дріжджова вода, необхідно на 1 літр води додати 20 г сухих дріжджів, прокип'ятити 15 хвилин та профільтрувати, потім розлити по флаконах дріжджову воду та стерилізувати при 120°C протягом 20 хвилин. Після цього на 100 мл стерильної основи додати 1г пентону, 4г глюкози, 2г агару та повторно стерилізувати при температурі 107°C ще протягом 20 хвилин.

Дослідження тривало протягом 10 діб, культуру *Saccharomyces cerevisiae* було розділено на 3 групи:

I група – з додаванням 1% розчину нікотинової кислоти;

II група – з додаванням 0,01% розчину нікотинової кислоти;

III група – контрольна.

Протягом дослідження проводили підрахунок концентрації клітин в кожній із експериментальних груп та наприкінці експерименту побудували графік кривої росту популяції клітин дріжджів.

Для підрахунку клітин користувалися лічильною камерою Горяєва. Вона являє собою товсте предметне скло, яке поділене на три поперечні ділянки. Центральна ділянка за допомогою повздовжнього прорізу ділиться на дві однокові частинки. На кожній з цих частинок нанесена сітка. Ділянки, які розміщені по обидва боки, є вищими на 0,1 мм та забезпечують притирання покривного скельця (рис. 3.1.). Якщо покривне скло правильно притерте, утворюється камера, закрита з двох сторін, а з двох інших сторін має щілини, через які відбувається заповнення камери.

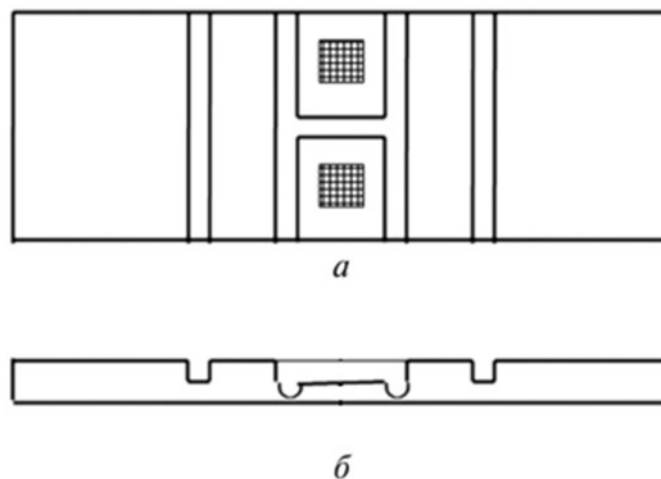


Рис. 3.1. Камера Горяєва: а – загальний вид; б – вид збоку

Сітка, що нанесена на камеру поділена на малі та великі квадрати. Вона має 225 великих квадратів (розміщенні в 15 рядів, в кожному ряді по 15 квадратів), 25 з яких поділені на 16 маленьких квадратів (рис. 3.2.).

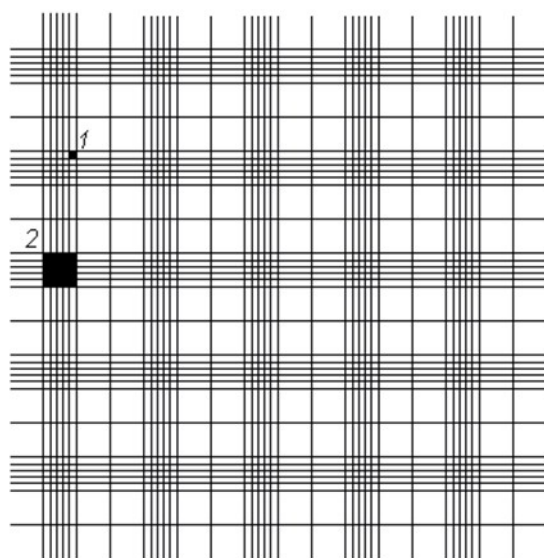


Рис. 3.2. Малий (1) та великий (2) квадрати сітки лічильної камери Горяєва

Після підрахунку клітин було розраховано їх концентрацію за формулою:

$$c = n/v,$$

де c – концентрація клітин (кл./мл)

n – кількість підрахованих клітин

v – об'єм камери гемоцитометра (для камери Горяєва – 0,9 мкл)

Після цього було побудовано криві росту для кожної експериментальної групи.

Саме побудова кривої росту культури клітин на основі отриманих даних є важливим етапом під час дослідження впливу різних біологічно активних речовин на будь-яку популяцію клітин [11].

Крива росту – це крива, що описує залежність логарифму кількості живих клітин в культурі від часу культивування. Зазвичай крива росту має S-подібну форму на якій можна виділити кілька фаз росту культури: lag-фаза (початкова або латентна фаза), log-фаза (експоненціальна або логарифмічна фаза), стаціонарна фаза та фаза деградації культури [57].

3.6. Результати дослідження

В результаті експерименту було з'ясовано, що кількість клітин у групах культур з додаванням нікотинової кислоти вища у порівнянні з контрольною групою.

При аналізі кривих росту трьох експериментальних груп (рис.3.3.) було отримано такі результати:

1. В контрольному зразку початкова фаза тривала близько однієї доби, при цьому спостерігалось повільне збільшення кількості клітин. Після цього почалась логарифмічна фаза тривалістю два дні, в ході якої концентрація клітин збільшилася вдвічі. На 3 добу культура перейшла на стаціонарну фазу.

2. Культура, що інкубувалася з додаванням 1% нікотинової кислоти на другу добу культивування перейшла в log-фазу (тривала 8 днів) під час якої кількість клітин збільшилась майже в 50 разів. Після

цього, так і не вийшовши в стаціонарну фазу, культура почала відмирати і, відповідно, зменшувалась кількість клітин.

3.Третя група, що інкубувалась з 0,01% розчином нікотинової кислоти перебувала на початковій стадії протягом 1 доби, після чого перейшла в експоненціальну фазу. Починаючи з 3 по 8 добу було зафіксоване незначне зниження концентрації клітин в культурі, яке змінилося наростанням клітин. Аналогічно до другої експериментальної групи, культура так і не вийшла в стаціонарну фазу.

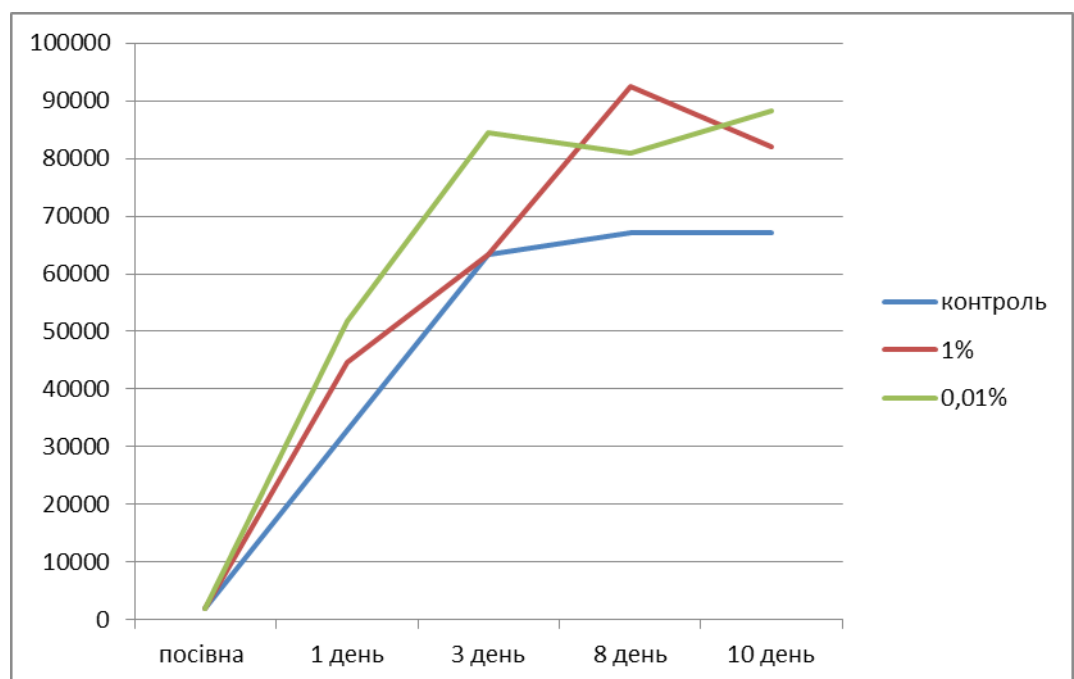


Рис. 3.3 – Криві росту популяцій клітин *Saccharomyces cerevisiae* під час інкубації з різними концентраціями нікотинової кислоти

Окрім цього також з'ясували, що додавання нікотинової кислоти в культуральне середовище, незалежно від концентрації (1% чи 0,01%), сприяє швидкій адаптації клітин до нових умов та високій інтенсивності поділу клітин. Але найбільша концентрація клітин в експоненціальній фазі все ж таки спостерігається в групі, що інкубувалась з 1% розчином

нікотинової кислоти. Проте, в експериментальних групах була відсутня стаціонарна фаза, що може говорити про більш інтенсивніше використання клітинами поживного середовища, й відповідно його виснаження, за умов швидкого збільшення кількості клітин у результаті їх розмноження. Клітини минаючи стаціонарну фазу одразу переходили на фазу деградації культури.

Збільшення рівня розмноження клітин в експериментальних групах, у порівнянні з контрольною, обумовлене принципом дії нікотинової кислоти на живі системи. Це пов'язане з тим, що нікотинова кислота у вигляді амідів є складовою частиною коферментів НАД та НАДФ, які залучені до багатьох окисно-відновних реакцій в клітинах; також НАД є алостеричним регулятором ферментів, які беруть участь в енергетичному обміні.

ВИСНОВОК

1. Протягом останніх років в Україні відбувається активна реформа шкільної освіти, в тому числі й її біологічної складової. Зміни, які при цьому виникають, необхідні для реалізації концепції «Нова українська школа», метою якої є зміна вектору навчання від простого нагромадження знань, до формування вміння в учнів користуватися отриманими знаннями в повсякденному житті. В результаті таких змін в освіті актуальності набуває необхідність формування компетентнісної особистості учня.

Система компетентностей, яка має сформуватися в процесі навчання, включає в себе ключові, загальногалузеві та предметні компетенції. При вивченні шкільного курсу біології, одним із розділів якого є «Біотехнологія», відбувається формування біологічної компетенції. Ця компетентність сприяє науковому стилю мисленню учнів, на основі якого формується наукова картина світу.

Ще однією особливістю реформування освіти є реалізація наскрізних змістових ліній. В розділ «Біотехнологія» включено чотири змістовні лінії: «Громадянська відповідальність», «Екологічна безпека і сталий розвиток», «Здоров'я і безпека», «Підприємливість і фінансова грамотність».

З метою успішної реалізації всіх наскрізних змістовних ліній та формування компетентностей вчителі біології сьогодні користуються різноманітними педагогічними підходами, щоб зацікавити та мотивувати учнів до активного навчання, отримання відповідних навичок та знань для кращого розуміння переваг та недоліків застосування сучасних біотехнологій. До таких методик можна віднести ситуаційні задачі, проектно-рольові ігри, а також біотехнологічні дослідження.

2. Протягом останніх кількох десятиліть в галузі біотехнології відбулося багато відкриттів та отримано велику кількість нових знань, що можуть використовуватися для вирішення проблем людства, зокрема зменшення масштабів продовольчої кризи. Але більшість нових методів біотехнологій, які використовуються для вирішення різноманітних проблем та задоволення потреб людства, були досить неоднозначно прийняті суспільством.

Однією із причин такого відношення до продуктів біотехнології є недостатній рівень наукових знань та розуміння біологічних основ біотехнологічних процесів. Відповідно до цього виникла нагальна потреба введення теми «Біотехнології» до шкільного курсу біології, з метою підвищення рівня обізнаності суспільства в цій галузі науки.

Основні знання, які необхідні для критичної оцінки застосування біотехнологій, формуються починаючи з 6 класу, але найбільшу увагу їм приділяють в 9 та 11 класах, при вивченні тем «Біологія як основа біотехнології та медицини» та «Застосування результатів біологічних досліджень у медицині, селекції та біотехнології» відповідно.

Зважаючи на великий об'єм нових знань в галузі біотехнології, в шкільному курсі увага учнів звертається на основні сфери їх застосування. До таких сфер відноситься медицина та фармацевтична промисловість, сільське господарство, екологічні аспекти та різні галузі промисловості.

3. При вивченні теми «Біотехнологія» учні знайомляться з різними методами, які використовуються в цій галузі, починаючи з найдавніших технологій, що використовувалися людством з давніх часів, та закінчуючи сучасними методами.

Одним із новітніх методів біотехнологій, що вивчається в шкільному курсі, є метод культури клітин. За допомогою цього методу досліджується вплив різних речовин на процеси життєдіяльності клітин,

зокрема вплив лікарських, токсичних речовин, вітамінів та інших біологічно активних речовин.

Нами було використано метод культури клітин з метою дослідження біологічної дії нікотинової кислоти на кількісні показники росту культури клітини дріжджів.

Біологічна роль нікотинової кислоти, відомої як вітамін РР, полягає в її участі в біологічному синтезі НАД та НАДФ, що є коферментами багатьох ферментів біологічного окиснення різних сполук.

За результатами, що були отриманні під час дослідження, можна зробити висновок, що в умовах культивування клітин з додаванням до середовища нікотинової кислоти спостерігається збільшення адаптаційного потенціалу клітин та рівню інтенсивності їх поділу. Окрім цього, при аналізі кривих росту культур, було відмічено, що клітини після початкової фази, минаючи фазу стаціонарного росту, одразу переходили на фазу деградації та загибелі. Така особливість росту культури була спричинена швидким виснаженням поживного середовища, внаслідок високого рівня розмноження клітин.

Результати цього дослідження можуть бути використанні при вивченні тем з розділу «Біотехнологія» в класах з профільним навчанням біології.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамчук М. Ю., Антанюк Н. А. Місце і роль біотехнологій в еколого-економічному розвитку суспільства. Механізм регулювання економіки, 2011, № 4. С. 44-49.
2. Адамс Р. Методы культуры клеток для биохимиков; пер. с англ. М.: Мир, 1983. 263с.
3. Банницына Т.Е., Канарский А.В., Щербаков А.В., Чеботарь В.К., Кипрушкина Е.И. Дрожжи в современной биотехнологии. Вестник Международной академии холода. 2016. №1. С.24-29.
4. Біологія 6– 9 класи. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-5-9-klas>
5. Біологія і екологія 10-11 класи. Рівень стандарту. Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>
6. Большакова О.И., Родин Д.И., Тимошенко С.И., Латыпова Е.М., Саранцева С.В. Влияние никотиновой кислоты на выживаемость и нейродегенерацию в мозге трансгенных *Drosophila melanogaster* с гиперэкспрессией гена APP человека. Ученые записки Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И. П. Павлова. 2013. №3(20). С.14-17.
7. Буряченко С. В. Молекулярная генетика дрожжей сахаромицетов. Германия: Lambert Academic Publishing, 2016. 84с.
8. Вечканов Е.М., Сорокина И.А. Основы клеточной инженерии: Учебное пособие. Ростов-на-Дону, 2012. 136с.
9. Гавій В. М., Коваленко С. О., Приплавко С. О. Формування предметних компетентностей з біології у профільній школі. Психолого-педагогічні науки. 2017. № 2. С.70-76.

10. Гарбуз С. А. Биотехнология: прошлое, настоящее, будущее. Наука, техника и образование. 2014. №4 (4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biotehnologiya-proshloe-nastoyaschee-budushee>.
11. Гарманчук Л.В. Методичні рекомендації до спецпрактикуму «Культура клітин та клонування» у 2 частинах Ч.ІІ. Київ, 2013. 40с.
12. Гарманчук Л.В. Методичні рекомендації до спецпрактикуму «Культура клітин та клонування» у 2 частинах Ч.І. Київ. 2012. С.20-32.
13. Генкал С. Структура біологічної компетентності учнів профільних класів. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. 2017. № 8 (72). С. 236-246.
14. Герасименко В.Г., Герасименко М.О., Цвіліховський М.І. та ін. Біотехнологія: Підручник. К.: Фірма «ІНКОС», 2006. 647 с.
15. Гринюк О. Інтегрований підхід в реалізації компетентнісно орієнтованого навчання на уроках біології та екології в старшій школі. Компетентнісно орієнтоване навчання: виклики та перспективи: зб. тез I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конф. «Компетентнісно орієнтоване навчання: виклики та перспективи», м. Київ, 30 вересня 2019 р. Київ: Педагогічна думка, 2019. С. 34-46.
16. Грицай Н.Б. Зміст та особливості біологічних предметів у загальноосвітній школі URL: <http://grytsai.rv.ua/wp-content/uploads/2017/01/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F-2.pdf>
17. Грудинін Б. Компетентнісний підхід: сутність висхідних понять та положень. Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. 2015. № 7. С. 140-146.
18. Даниленко Л.І. Реалізація змістових наскрізних ліній як засіб інтеграції знань у навчання учнів біології. Прийоми реалізації

- змістовних наскрізних ліній як засіб інтеграції навчального змісту у курсі «Біологія, 9 клас». Черкаси, 2018. С.7-15
19. Демина А. В., Нурединова А. Н. Современные биотехнологии в медицине. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Концепции современного естествознания Т.2. 2016. С. 235-237.
 20. Демяновский С.Я. Курс органической и биологической химии Учебник для фак. естествознания пед. ин-тов. М.: Сов. наука, 1952. 464с.
 21. Денисенко С.В., Міщенко А.В. Біотехнології в різних сферах життя, їх вплив та попередження розвитку біоагроз. Вісник ВДНЗУ Українська медична стоматологічна академія. Т. 15. № 3(51), ч. 1 С. 280-283.
 22. Державний стандарт базової і повної середньої освіти: Постанова Кабінету Міністрів України від 23.11. 2011 р. № 1392 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1392-2011-%D0%BF#Text>
 23. Дэвис Д., Джованелли Дж., Рис Т. Биохимия растений: учеб. пособие; пер. с англ. М.: Мир, 1966. 512с.
 24. Козленко О. Г. Захоплююче навчання: біологічна рольова гра. Харків: Вид. група «Основа», 2003. 80 с.
 25. Козленко О. Проектно-рольова гра з біології як форма реалізації наскрізної змістової лінії «Підприємливість та фінансова грамотність». Біологія і хімія в рідній школі. 2018. № 2. С. 11-19.
 26. Корочкин Р.Б., Вербицкий А.А., Алешкевич В.Н., Сандул А.В. Культивирование вирусов в культурах клеток: учеб.- метод.. Витебск: ВГАВМ, 2010. 43с.
 27. Коршевнюк Т. Ситуаційні завдання в компетентнісно орієнтованому навчанні біології. Біологія і хімія в рідній школі. 2019. №1 С. 2-6.
 28. Курта С.А. Примислові біртехнології. Курс лекцій. Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника. Івано-Франківськ, Супрун В.П., 2018. 197 с.

29. Левків С.П. Формування екологічної компетентності учнів на уроках біології. Модернізація вищої освіти в Україні та за кордоном: збірник наукових праць за заг. ред. д.п.н., проф. С. С. Вітвицької, к.п.н., доц. Н. М. Мирончук. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014.
30. Лестер М. Крофорд Понимание роли биотехнологий в сельском хозяйстве Электронный журнал Государственного департамента США. Т. 8. № 3. 2003. С. 12-15.
31. Лобанок А. Биотехнологии — признак современности и прогресса. Наука и инновации. 2006. № 11(45). С. 25-30.
32. Лушак О.В. Участь антиоксидантних ферментів у модифікації відповіді дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* на нітрозитивний стрес: автореф. дис. канд. біол. наук: спец. 03.00.04. Чернівці, 2009. С.3-5.
33. Марченко М. І. Культура клітин людини як альтернативний метод в комплексній токсиколого-гігієнічній оцінці сполук важких металів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.02.01 «Гігієна та професійна патологія». ДУ «Інститут медицини праці НАМН України». К., 2011. С.3-4.
34. Маслюк А.Н. Влияние различных доз аскорбиновой и никотиновой кислот на морфофункциональные показатели петушков-бройлеров: автореф. дис. канд. биол. наук: спец. 16.00.02. Екатеринбург, 2007. – 22с.
35. Матеюк О.П. Реалізація компетентнісного підходу у професійній підготовці студентів-екологів. Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України. 2014. № 3. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadps_2014_3_11
36. Матяш Н.Ю. Предметна біологічна компетентність: її прояв у результатах загальноосвітньої підготовки учнів основної школи. Наукові записки. Серія: педагогіка. 2016. № 3. С. 116-121.

37. Матяш Н.Ю., Коршевнюк Т.В., Рибалко Л.М., Козленко О.Г. Навчання біології учнів основної школи: методичний посібник. — К.: КОНВІ ПРІНТ, 2019. 208 с
38. Никотиновая кислота (витамин РР) URL: <http://www.prochrom.ru/ru/view/?info=vesh&id=18>.
39. Овчарук О.О. Компетентнісний підхід в освіті: загальноєвропейські підходи Інформаційні технології і засоби навчання. 2009. №5 (13). URL: <http://www.ime.edu-ua.net/em.html>
40. Оніпко В. Особливості підготовки майбутнього вчителя біології до реалізації біотехнологічного профілю в загальноосвітньому навчальному закладі. Українська професійна освіта. 2017. № 1. С. 74-83.
41. Перетятко В.В. Методика викладання біології: навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Біологія» освітньо-професійної програми «Біологія». Запоріжжя: ЗНУ, 2018. 143 с.
42. Поліщук Н.М. Методика реалізації наскрізної змістовної лінії «Здоров'я і безпека» у процесі викладання біології. Методика реалізації наскрізних змістових ліній у процесі викладання навчальних предметів: зб. матер. регіон. наук.-практ. інтернет-конф., м. Житомир, 28 квітня 2020 р. С. 34-39.
43. Преображенский Н.А., Генкин Э.И.. Химия органических лекарственных веществ. Гетероциклические соединения и их аналоги Учебное пособие. М.: ГОСХИМИЗДАТ, 1953. 595с.
44. Про затвердження настанов щодо моноклональних антитіл: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 21.05.2015 №295 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0295282-15#Text>
45. Про освіту: Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. Голос України. 2017. 27 верес. (№ 178-179). С. 10–22. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>

46. Рафальська М., Боярчук О., Герасим Н. та ін. Громадянська відповідальність: 80 вправ для формування громадянської та соціальної компетентностей під час вивчення різних шкільних предметів. 5–9 клас. Посібник для вчителя. Київ, 2017. 136 с. URL: <http://ukr.theewc.org/download/file/1828>
47. Рево А. Я. Органическая химия для студентов медицинских институтов: ученик. М.: Высшая школа, 1962. 383с.
48. Рудишин С.Д. Генетично модифіковані рослини: проблеми і перспективи використання. Наука та інновації. 2011. Т. 7. № 6. С. 5—13.
49. Ручай Н. С., Маркевич Р. М. Экологическая биотехнология: учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология». Минск: БГТУ, 2006. 312 с.
50. Сароян Мері Формування ключових компетентностей засобами шкільного курсу фіології. URL: <https://www.cuspu.edu.ua/ua/kafedra-pedahohiky-doshkilnoi-ta-pochatkovoi-osvity/575-naukovi-konferentsii-tdpu/strategii-innovatsiinoho-rozvytku-pryrodnychykh-dystsyplin-dosvid-problemy-ta-perspektyvy/sektsiia-1/7642-formuvannya-klyuchovykh-kompetentnostey-zasobamy-shkilnoho-kursu-biolohiyi>
51. Сметана О. Ю. Сільськогосподарська біотехнологія: курс лекцій з дисципліни для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 162 «Біотехнологія та біоінженерія» денної форми навчання. Миколаїв: МНАУ, 2017.132 с.
52. Соматична гібридизація URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/578/somatchna-gybridizaciya>
53. Урбах А.В., Бородин В.О., Васильева О.Ю., Ершова А.П., Панова А.С. *Saccharomyces cerevisiae* как модельный объект в генетических исследованиях. Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018002068>.

54. Фауст Е.А. Сельскохозяйственная биотехнология: краткий курс лекций для студентов III курса направления подготовки 19.03.01 Биотехнология. ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. Саратов, 2016. 76 с.
55. Фрешни Р. Я. Культура животных клеток: практическое руководство: пер. 5-го англ. изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 691с.
56. Шаповал Л.В. Уміння та навички як складова предметних компетентностей учнів 6-х класів у курсі «Біологія». Молодий вчений 2018. № 1 (53). С. 403-406.
57. Шлегель Г. Общая микробиология: пер. с нем. М.: Мир, 1987. 567с.
58. Щодо методичних рекомендацій про викладання навчальних предметів у закладах загальної середньої освіти у 2019/2020 навчальному році: Лист № 1/11-5966 від 01.07.2019
59. Юлевич О. І., Ковтун С. І., Гиль М. І. Біотехнологія: навчальний посібник / за ред. М. І. Гиль. Миколаїв: МДАУ, 2012. 476с.
60. Ashley L. Mueller, Neil A. Knobloch, and Kathryn S. Orvis Exploring the Effects of Active Learning on High School Students' Outcomes and Teachers' Perceptions of Biotechnology and Genetics Instruction. Journal of Agricultural Education, 56(2), P. 138-152.
61. Beronda L. Montgomery Teaching the Nature of Biotechnology Using Service-Learning Instruction. Bioscience Education, 2004. № 4. P. 1-12.
62. Karathia H. Saccharomyces cerevisiae as a model organism: a comparative study / H. Karathia, E. Vilaprinyo, A. Sorribas, R. Alves // PLoS ONE. 2011. №6 (2). 10 pages. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0016015&type=printable>.
63. Karen Kirkwood CELL CULTURE BASICS [Handbook]/ Karen Kirkwood. – USA: Invitrogen. Gibco, 2014 – 62 pages.

64. Khanal S. Animal Cell Culture: Introduction, Types, Methods and Applications. 2017. URL: <https://microbeonline.com/animal-cell-culture-introduction-types-methods-applications/>.
65. Menacho-Márquez M., Murguía J.R. Yeast on drugs: *Saccharomyces cerevisiae* as a tool for anticancer drug research. *Clin. Transl. Oncol.* 2007. №9 (4). P. 221–228.
66. Tugce Yagmur Orhan and Nurettin Sahin The Impact of Innovative Teaching Approaches on Biotechnology. Knowledge and Laboratory Experiences of Science Teachers Education Sciences. 2018. № 8. P 213.
67. Ute Harms Biotechnology Education in Schools. *Electronic Journal of Biotechnology.* 2002. Vol.5 No.3. URL: <http://www.ejbiotechnology.info/content/vol5/issue3/teaching/01>