

**Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка**

Хіміко-біологічний факультет
Кафедра ботаніки та зоології

Кваліфікаційна робота

на тему

**ВИКОРИСТАННЯ ДРОЗОФІЛИ ЯК МОДЕЛЬНОГО
ОБ'ЄКТА ВИВЧЕННЯ СПАДКОВОСТІ ТА
МІНЛИВОСТІ НА ПРОФІЛЬНОМУ РІВНІ
ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ**

Спеціальність 014 Середня освіта

**Предметна спеціальність 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я
людини)**

Здобувачка другого (магістерського) рівня
вищої освіти ОПП «Середня освіта (Біологія
та здоров'я людини, хімія)

Болаж Корнелії Золтанівни

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
кафедри ботаніки та зоології,

Крижановська Маргарита Анатоліївна

РЕЦЕНЗЕНТ:

Доктор педагогічних наук, професор кафедри
соціальної роботи та соціальної педагогіки,

Калаур Світлана Миколаївна

Робота захищена з оцінкою:

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

АНОТАЦІЯ

Болаж К.З.: «Використання дрозопіли як модельного об'єкта вивчення спадковості та мінливості на профільному рівні загальноосвітньої школи / Болаж Корнелія Золтанівна; ТНПУ імені Володимира Гнатюка хім.-біол. ф-т, кафедра ботаніки та зоології; наук. керівник Крижановська М. А. – Тернопіль, 2025 – 67 с.

В магістерській роботі розглянуто можливість використання дрозопіли як модельного об'єкту генетичних досліджень. Розроблено та апробовано методику проведення генетичного дослідження у закладах загальної середньої освіти під час уроку та у позаурочний час при вивченні теми «Спадковість та мінливість».

Показано, що проведення експериментального дослідження з десятикласниками Тячівського ліцею № 2 (м. Тячів, Закарпатська обл.) стимулювало мотивацію навчання та формувало навички дослідницької діяльності. З'ясовано, що після завершення біологічного експерименту в учнів з'явився підвищений інтерес до вивчення біології, їх зацікавленість зросла з 25,0% до 60,0%; позитивно (на 20,%) змінилось думка учнів щодо можливостей саморозвитку; вони у двічі частіше почали використовувати додаткову літературу і на 15% активніше приймати участь і відповідати на уроці. Встановлено, що на 40% підвищився рівень володіння навичками та вміннями необхідними для проведення біологічного експерименту та на 55% збільшилось бажання школярів самостійно виконувати експериментальні дослідження для одержання знань з предмету.

Доведено, що використання модельного об'єкта дрозопіли та виконання учнями дослідницької роботи дає кращий результат у сприйнятті нового матеріалу, розвитку та формування аналітичних та практичних дослідницьких компетентностей.

Ключові слова: модельний об'єкт, дрозопіла, біологічний експеримент, дослідницька діяльність. дослідницька компетентність.

ABSTRACT

Bolazh K. Z.: " The use of drosophila as a model object for studying heredity and variation at the specialized level of general secondary education" / Bolazh Korneliia; Volodymyr Hnatyuk TNPU, Department of Chemistry and Biology, Department of Botany and Zoology; Scientific Supervisor Kryzhanovska M. A. - Ternopil, 2025 -67 p.

The master's thesis examines the possibility of using *Drosophila* as a model object for genetic research. A methodology for conducting genetic research in general secondary education institutions during lessons and extracurricular activities while studying the topic "Heredity and Variation" was developed and tested.

It was demonstrated that conducting experimental research with 10th-grade students of Tyachiv Lyceum No. 2 (Tyachiv, Zakarpattia region) stimulated learning motivation and fostered research skills. It was found that after the completion of the biological experiment, students showed an increased interest in studying biology; their interest grew from 25.0% to 60.0%. Furthermore, students' perceptions regarding opportunities for self-development changed positively (by 20%); they began using additional literature twice as often and became 15% more active in participating and answering during lessons.

It was established that the level of mastery of skills and abilities necessary for conducting biological experiments increased by 40%, and the students' desire to independently perform experimental research to acquire subject knowledge increased by 55%.

It was proven that the use of *Drosophila* as a model object and the performance of research work by students yield better results in the perception of new material, as well as in the development and formation of analytical and practical research competencies.

Keywords: model object, Drosophila, biological experiment, research activity, research competence.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1.	
МОДЕЛЬНІ ОБ’ЄКТИ У ГЕНЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ	9
1.1. Поняття модельного об’єкту у генетичних дослідженнях.....	9
1.2. <i>Drosophila melanogaster</i> та її роль у генетичному аналізі.....	10
1.3. Переваги використання <i>Drosophila melanogaster</i> як модельного об’єкта.....	13
1.4. Методи роботи з <i>Drosophila melanogaster</i> в лабораторних умовах.....	16
РОЗДІЛ 2.	
БІОЛОГІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРЕДМЕТУ «БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ».....	24
2.1. Біологічний експеримент, його роль, функції та умови.....	24
2.2. Підготовка та проведення біологічного експерименту в процесі вивчення теми «Спадковість та мінливість».....	25
2.3. Організація учнівства до проведення генетичного експерименту при вивченні спадковості та мінливості.....	29
РОЗДІЛ 3.	
РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ НА ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ.....	31
3.1. Особливості підготовки та впровадження біологічного експерименту з використанням дрозофіли на уроках у 10 (профільному) класі	31
3.1.1. Організаційний період генетичного експерименту по вивченню закономірностей успадкування.....	32
3.1.2. Постановка і проведення експериментального дослідження по вивченню закономірностей успадкування.....	33
3.1.3. Аналіз результату експериментального дослідження по вивченню закономірностей успадкування.....	34
3.2. Аналіз результатів анкетування щодо ефективності проведення біологічного експерименту з модельним об’єктом дрозофілою.....	32
ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ДОДАТКИ.....	55

ВСТУП

Важливим і основним завданням сучасного освітнього процесу в Україні є забезпечення якісної освіти, яка відповідає всім вимогам і розвитку сьогодення. У Концепції розвитку Нової української школи зазначено, що сучасне школярство повинно швидко адаптуватись у змінних обставинах, адекватно реагувати, самостійно і грамотно знаходити інформацію, опрацьовувати її набуваючи знання, будувати траєкторію виконання завдання, аналізувати і узагальнювати отримані результати та формувати висновки на основі яких приймати рішення [4, 10, 17, 19, 29]. Все це сприятиме розвитку творчої особистості яка здатна самостійно мислити, генерувати нові ідеї та використовувати нестандартні методи у розв'язанні питання [3, 6, 27, 53]. Потенціал формування таких здібностей закладається у навчальному процесі під час дослідницької діяльності. Саме вона стимулює учнів пізнавати новизну, досліджувати її, будувати нові стратегії подальшої діяльності. Тому основна вимога сучасної освіти в Україні полягає у переорієнтації із теоретично-знаннєвої сфери у практично-компетентнісну, яка включає активну діяльність учнів і сприяє формуванню стійких взаємозв'язків навчання з науковим дослідженням [7-10, 16, 51, 52].

Актуальність магістерської роботи. Концепція Нової української школи вимагає діяльнісний підхід у навчанні, якій передбачає активну участь школярів замість пасивного слухання учителя. Тому школа і педагоги повинні створити такі умови навчання, які здатні сформувати у учнів бажання пізнавати світ, критично мислити, використовувати і перевіряти теоретичні знання на практиці [11, 44].

Навчально-дослідницька діяльність в освітньому процесі здійснюється за допомогою різноманітних методів навчання, серед яких найголовнішу роль відіграє дослідницький метод, тому що він безпосередньо відповідає природній суті дитини та сучасним пріоритетам освіти [11, 12, 23]. Основним засобом формування дослідницьких умінь учнів є систематичне використання різнорівневих творчих завдань. Тому навчальний експеримент посідає вагоме

місце у процесі формування дослідницьких умінь, функціонуючи одночасно як ключовий засіб навчання і значущий складник змісту освіти [27, 28, 30, 34].

Шкільний курс біології є невід'ємним елементом загальної системи освіти, яка перебуває у стані постійного вдосконалення. Ці зміни спричиняють модифікацію змісту, методів, форм та засобів викладання біології. Майже всі сучасні технічні засоби навчання дедалі частіше використовуються на уроках, проте біологічний експеримент залишається незамінним і актуальним як під час уроку, так і в позаурочній діяльності та сприяє формуванню в учнів дослідницьких таких умінь, як спостереження за біологічними об'єктами та явищами, проведення досліджень, формулювання висновків та генерування власних наукових ідей [43, 46].

Здійснення експериментальної діяльності у процесі навчання сприяє отриманню учнями не формальних, а конкретних, емпірично підтверджених знань про сутність та закономірність розвитку органічного світу [1, 14, 25]. Його використання у навчальному процесі надає можливість учителю моделювати об'єкти та явища навколишнього середовища, стимулювати сенсорне сприйняття учнів, формувати в них систему біологічних уявлень і понять, а також перевіряти достовірність отриманих знань на практиці.

У генетичному аналізі для вивчення явищ спадковості та мінливості, використовуються спрощені, керовані людиною модельні об'єкти з коротким життєвим циклом такі як дріжджі, бактерії чи дрізофіли. Вони як ніхто відповідають основним вимогам модельних об'єктів: мають короткотривалий життєвий цикл; високу плодючість, малу кількість хромосом, велику кількість добре вивчених генів, що визначають ознаки, які легко візуально відрізняються та дешеві і зручні у культивуванні. Починаючи з 1906 року плодова мушка дрізофіла не втратила уваги експериментаторів, а і по сьогодні залишається актуальності об'єктом у наукових дослідженнях. Так, на початку 2000-х років дослідник Жюль Гоффманн застосував *D. melanogaster* як модель для вивчення вродженого імунітету, за що отримав Нобелівську премію у 2011 році. У 2017 році американські вчені Майкл Уоррен Янг, Джеффри Холл та Майкл Росбаш

отримали Нобелівську премію за відкриття молекулярних механізмів, що визначають циркадні ритми [5, 18, 20].

Тому організація та проведення біологічного експерименту у загальноосвітній школі з використанням доступного модельного об'єкту плодової мушки *Drosophila melanogaster* позитивно сприятиме на підсилення мотиваційний, практично-діяльнісний, дослідницький і творчий компоненти навчання, що сприяє підвищенню зацікавленості учнів у вивченні біології та розвитку їхньої пізнавальної активності.

Мета роботи: обґрунтувати науково-методичні засади проведення біологічного експерименту з використанням мушки дрозофіли при вивченні спадковості та мінливості на профільному рівні загальноосвітньої школи.

Для реалізації поставленої мети передбачено виконання основних **завдань:**

1. Ознайомитись та проаналізувати літературні джерела з проблеми підвищення дослідницьких компетенцій школярів шляхом використання модельних об'єктів у біологічних експериментах;
2. Проаналізувати календарно-тематичного планування з предмету «Біологія і екологія» для учнів 10-11 класів з метою визначення терміну проведення експерименту
3. Розробити анкету та провести опитування серед учнів 10 класів щодо їх рівня знань, умінь та навичок дослідження біологічних явищ;
4. Розробити інструктивні картки проведення експериментального дослідження.
5. Експериментально перевірити ефективність вивчення закономірностей успадкування традиційним методом та з проведенням експерименту на дрозофілі.

Об'єкт дослідження: біологічний експеримент в процесі вивчення спадковості і мінливості у 10 класі (профільний рівень).

Предмет дослідження: дрозофіла як модельний об'єкт біологічного експерименту.

Методи дослідження: метод аналізу та узагальнення науково-педагогічних літературних джерел, метод систематизації, описовий, експериментальний, метод анкетування, аналітичний та узагальнюючий.

Практичне значення. Проведення біологічного експерименту під час вивчення предмету «Біологія і екологія» для учнів 10 класів профільного рівня стимулюватиме дослідницький інтерес, сприятиме формуванню та розвитку біологічних закономірностей і пізнавальних здібностей старшокласників до біології. Розроблені матеріали дослідження готові до використання учителями ЗОШ для підготовки та проведення експериментального вивчення законів спадковості.

Апробація роботи: матеріали магістерської роботи представлені на Міжнародній науково-практичній конференції *Current problems in the development of science and education* (листопад 2025 р., Сарагоса, Іспанія)

Список публікацій:

1. Крижановська М.А., Болаж К.З. Використання *Drosophila melanogaster* як модельного об'єкту експериментального дослідження при вивченні теми Спадковість і мінливість. *Current problems in the development of science and education*: матер. міжнар. наук.-практ. конф., Сарагоса, Іспанія. С. 179-183. URL: <https://eu-conf.com/en/events/current-problems-in-the-development-of-science-and-education/>

Структура та об'єм роботи. Магістерська робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаної літератури, якій включає 55 джерел. Робота ілюстрована 7 діаграмами, 8 таблицями та 8 додатками. Загальний обсяг роботи 67 сторінки.

РОЗДІЛ 1.

МОДЕЛЬНІ ОБ'ЄКТИ У ГЕНЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Наука генетика займає фундаментальне місце у біології, її знання дають розуміння явищ спадковості та мінливості, допомагають вирішити важливі проблеми розвитку органічного світу, слугують теоретичною основою для будь-яких біологічних досліджень і широко використовуються у медицині (виявлення природи генетичних захворювань, розроблення методів діагностування і лікування спадкових хвороб), сільському господарстві (виведення нових, стійких та більш продуктивних порід тварин і сортів рослин), екології (вивчення впливу антропогенних факторів на оточуюче середовище, регулювання стійкістю природних та штучних популяцій), біотехнології (створення потрібних організмів з покращеними генетичними властивостями) та в інших галузях [15, 39].

В останнє століття генетика продовжує інтенсивно розвиватися і поповнюватися новими відкриттями та знаннями, розширюються напрямки наукових досліджень та практичні здобутки. Відомо, що для одержання новітніх наукових даних необхідно володіти певною системою вмінь і навичок організації та проведення експериментального генетичного дослідження з використанням модельних об'єктів [39].

1.1. Поняття модельного об'єкту у генетичних дослідженнях

Модельним об'єктом, або модельним організмом у генетиці вважають біологічний вид, якій інтенсивно використовується з метою вивчення і розуміння основних біологічних явищ та процесів, сподіваючись, що зроблені на ньому відкриття будуть актуальними і корисними для інших досліджень, а отримані на них результати можна перенести на подібні біологічні види, включаючи людину. Зазвичай такі організми використовуються для вивчення тих процесів, дослідження яких неможливо безпосередньо проводити на людях у зв'язку з технічних та етичних причин [37, 49].

Для грамотного проведення генетичного аналізу необхідно володіти знаннями біологічних характеристик модельних об'єктів, серед яких важливими є:

- життєвий цикл;

- спосіб розмноження;
- тривалість життя та репродуктивного періоду;
- плодючість.

Окрім того, необхідно мати уяву про умови культивування організмів та їх реакцію на вплив середовищних факторів та ін.

Знання біологічних особливостей модельних об'єктів допоможе та полегшить проведення генетичного аналізу, і дозволить грамотно підібрати вихідний матеріал для схрещування, обрати методи проведення експерименту та збільшити його вирішувальну здатність. Вони слугують тест-системою, завдяки якій проводиться екологічний моніторинг, швидше і простіше розробляються нові методи дослідження які пізніше використовуються на інших організмах та здійснюється первинна оцінка дії мутагенів різної природи [21, 49].

Найпоширенішими модельними об'єктами у генетиці застосовуються із вірусів – бактеріофаги, серед мікроорганізмів – дріжджі, бактерії, плісневі гриби (використовують у процесі вивчення реплікації ДНК, репарації ДНК і транскрипції, також залучають у дослідження по перевірці мутагенного впливу факторів зовнішнього середовища), у рослин – арабідопсис, горох, кукурудза (знаходять застосування у дослідженні закономірностей успадкування ознак та генетичної варіабельності), серед тварини – дріжджі, миші, кролики (використовують як для вивчення закономірностей успадкування так і для з'ясування зв'язку генетики з поведінкою, для моделювання хвороб людини, вивчення її імунної системи та впровадження генної терапії) [20, 50].

1.2. *Drosophila melanogaster* та її роль у генетичному аналізі

У генетичному аналізі для вивчення явищ спадковості та мінливості, використовуються спрощені, керовані людиною модельні об'єкти з коротким життєвим циклом такі як дріжджі, бактерії чи дріжджі. Вони як ніхто відповідають основним вимогам модельних об'єктів: мають короткотривалий

життєвий цикл; високу плодючість, малу кількість хромосом, велику кількість добре вивчених генів, що визначають ознаки, які легко візуально відрізняються та дешеві і зручні у культивуванні [15].

Найбільш улюбленою є мушка дрозофіла. *Drosophila melanogaster* (в перекладі з латинської означає «та, що любить росу, вологу, прохолоду»; меланогастер – « з чорним черевцем»). Інакше кажучи плодова, чи оцтова, муха належить до класу *Insecta*, ряду *Diptera*, родини *Drosophilidae*. Це маленька мушка, величиною до 3 мм, з яскраво-червоними очима, сірим тілом та крилами, які перевищують її довжину (Додаток А).

Батьківщиною *D. melanogaster* слід вважати Індो-Малайську область. На даний час вона майже космополіт і населяє Північну і Південну Америку, Африку, Австралію, Японію та Північну Європу (до Північної Франції). Вона широко зустрічається в Україні. У літній період разом з потоком фруктів і овочів із районів півдня вона мігрує далеко на північ.

Плодову муху дрозофілу, як об'єкт генетичних досліджень, вперше у лабораторній практиці почав використовувати американський генетик Кестл. Зокрема він з'ясував, що її можна утримувати і розмножувати в лабораторних умовах та використовувати для вивчення характеру успадкування плодючості і життєздатності при впливі інбридингу. У своєму звіті він описав основні етапи розвитку цього виду. У 1906 р. американський генетик Лютц показав генетичну обумовленість жилкування крила дрозофіли. Однак справжню наукову популярність дрозофіла здобула завдяки працям Томаса Ханта Моргана та його студентів із Колумбійського університету на початку XX століття. У 1909 р. Томас Морган отримав від Лютца декілька ліній дрозофіли та розпочав разом зі К. Бріджесом, А. Стертевантом і Г. Меллером вивчення мутацій цієї мухи. Вже у 1910 році було виявлено муху дрозофілу з білими очима, це перша спонтанна мутація, яку незабаром закріпили та виділили у першу мутантну лінію *white (w)*. Дослідження, які проводились у цьому напрямку, дали можливість до 1914 року виявити у дрозофіли 168 мутацій. З цього часу розпочалося ґрунтовне вивчення каріотипу *D. melanogaster*, з'ясування механізму зчеплення генів, виявлення

перехресту хромосом і на цій основі стало можливим розпочати складання їх генетичних карт. Одержанні результати досліджень з використанням дрозофіли дали можливість сформулювати хромосомну теорію спадковості і пояснити явища повного і неповного зчепленого успадкування ознак [5, 20, 37, 49].

У своїх роботах Г. Меллера (1927 р.) з питань вивчення індукованих мутацій у дрозофіли розкрив залежність генів від факторів довкілля і це слугувало початком зародження радіаційної генетики. В результаті досліджень каріотипу, які були проведені О. Стівенсом у 1933 році, вдалося виявити в клітинах слинних залоз *D. melanogaster* політенні хромосоми, що започаткувало розвиток цитогенетики. У подальшому, саме на дрозофілі, були підтверджені класичні закони спадковості, відкриті механізми успадкування ознак та одержано розуміння мутагенного впливу середовища на живі організми [5, 20, 37].

Протягом кількох десятиліть дослідження з використанням дрозофіли займали провідне місце в генетичних лабораторіях усього світу. Але після впровадження в генетичну практику мікроорганізмів, а згодом і вірусів, експерименти з їх застосуванням значно випередили інші напрями. Проте за деякий час *D. melanogaster* знову набуває популярності як модельний об'єкт [37, 54, 55].

Із розвитком біологічних знань зросла зацікавленість учених до дослідження мутантних форм дрозофіли і вивчення причин виникнення спадкових змін. У 1970-х роках Ед Льюїс, Крістіан Нусляйн-Фольхард та Ерік Вішаус висунули ідею про те, що мутації в окремих генах можуть викликати суттєві морфологічні перетворення. Вагомим внеском Льюїса стала демонстрація ролі гомеотичних генів, які здатні впливати на процеси розвитку організму. У 1995 році за дослідження генетичного контролю раннього ембріонального розвитку дрозофіли вони стали лауреатами Нобелівської премії [18, 54, 55].

У 1990-х початку 2000-х роках дослідник Жюль Гоффманн застосував *D. melanogaster* як модель для вивчення вродженого імунітету — першої лінії захисту організму від бактеріальних інфекцій. Він відкрив Toll-рецептори та

довів їхню ключову роль у розпізнаванні патогенів. Також учений виявив ембріональні гемоцити — клітини, здатні реагувати на проникнення патогенів у зародок дрозофіли. За свої дослідження Гоффманн отримав Нобелівську премію у 2011 році, яку поділив із Брюсом Бойтлером та Ральфом Штайнманом, що працювали над подібними механізмами у ссавців [18, 48].

Використання *D. melanogaster* не обмежується генетикою. Цей організм став незамінним і в нейронауці, особливо у вивченні циркадних ритмів, розвитку нервової системи та нейродегенеративних процесів. Складна, але добре структурована нервова система дрозофіли, а також наявність неврологічних локусів, що є гомологічними до людських генів, робить її зручним об'єктом для дослідження хвороб, таких як хвороба Альцгеймера та Паркінсона [48, 54, 55].

У 2017 році американські вчені Майкл Уоррен Янг, Джеффри Холл та Майкл Росбаш отримали Нобелівську премію за відкриття молекулярних механізмів, що визначають циркадні ритми [18, 48].

Drosophila melanogaster і понині актуальний модельний об'єкт у різних галузях біології — екологічній генетиці, генотоксикології, генетиці розвитку, генетиці поведінки, нейробіології, геноміці тощо, адже вона є зручним і ефективним організмом для проведення численних наукових досліджень.

1.3. Перевага застосування *Drosophila melanogaster* як модельного об'єкта

Постає питання — чому саме дрозофіла стала настільки популярною серед учених? Причин кілька. По-перше, цей вид характеризується надзвичайно високою плодючістю: одна пара мух може дати сотні нащадків уже в першому поколінні. По-друге, цикл розвитку дуже короткий — усі стадії, від яйця до дорослої особини, тривають близько двох тижнів. Це дозволяє швидко отримувати результати та проводити масштабні експерименти. Крім того, дрозофіла підходить для дослідження генотоксичності на різних етапах розвитку. Середня тривалість її життя становить приблизно 60–80 днів, однак на цей показник можуть впливати зовнішні фактори, зокрема температура та густина популяції [5, 18, 20, 54, 55].

Існує велика кількість мутантних ліній дрозофіл, які використовуються для моделювання різних патологій. Дослідники мають у своєму розпорядженні потужні молекулярні інструменти, що дозволяють регулювати експресію генів — як шляхом її підвищення, так і пригнічення — у певних тканинах або на конкретних етапах розвитку [54, 55].

Геном *D melanogaster* значно простіший за геном ссавців, що полегшує його дослідження. Він складається лише з чотирьох пар хромосом і містить близько 14 тисяч генів. Дрозофіла характеризується низькою генетичною надмірністю, тобто більшість біологічних функцій регулюється невеликою кількістю генів. Це дає змогу спостерігати фенотипові прояви мутацій без складних компенсаторних механізмів, які часто ускладнюють аналіз у ссавців.

Сучасні дослідження з використанням дрозофіли охоплюють широкий спектр напрямів. Зокрема, активно застосовуються методи редагування геному, такі як CRISPR/Cas9, а також технології надмірної експресії генів. Ці підходи дають змогу інактивувати, модифікувати чи посилювати експресію будь-якого гена всього за кілька тижнів після початку експерименту. Завдяки цьому дрозофіла стала ефективною моделлю для вивчення людських генів і патологічних станів, зокрема спадкових захворювань [18, 54, 55].

Одним із сучасних напрямів є дослідження пухлин щитоподібної залози, пов'язаних із мутаціями в гені *Ret*. Такі мутації часто спричиняють розвиток медулярної карциноми щитоподібної залози — злоякісного утворення, що виникає внаслідок гіперпроліферації S-клітин, які продукують кальцитонін. Крім того, мутації цього гена можуть бути пов'язані з феохромоцитомами, аденомами паращитоподібних залоз та невромами слизової оболонки. Сукупність цих патологій об'єднується під назвою MEN2. Незважаючи на значну кількість досліджень, молекулярні механізми трансформації *Ret* залишаються недостатньо з'ясованими, а ефективних хіміотерапевтичних засобів досі не знайдено [48, 49].

Створення трансгенних моделей мишей дало неоднозначні результати, тому дрозофіла стала альтернативним організмом для таких експериментів. Її

генетична простота та доступність дозволяють відтворювати мутації людини та тестувати потенційні лікарські сполуки значно швидше [50, 55].

Таким чином, *Drosophila melanogaster* є надзвичайно важливим об'єктом для сучасної біології, який відіграє ключову роль у вивченні спадковості, мутацій, розвитку організмів і механізмів хвороб. Завдяки простоті генетичної системи, швидкому життєвому циклу та наявності потужних інструментів для маніпуляцій із геномом, цей вид залишається незамінним у лабораторних дослідженнях уже понад століття.

Про те необхідно пам'ятати, що *D. melanogaster* належить до безхребетних комах і деякі механізми метаболізму та фармакокінетики можуть відрізнятися за відсутності певних органів і систем, тому потребує уваги і подальших перевірок процес перенесення результатів дослідження з дрозофіли на людину [18, 37, 55].

У *D. melanogaster* вивчено велику кількість природних мутацій та велику кількість індукованих спадкових змін. Майже кожен досліджений ген дрозофіли може бути предметом вивчення, але практичне застосування у навчальному процесі знайшли лише зручні для досліджень мутації. Всі лабораторні заняття із застосуванням плодової мушки потребують її наявності. У світі існує декілька великих дрозофіліних центрів, які надають за помірну плату лінії *Drosophila melanogaster* для досліджень, наприклад Bloomington Drosophila Stock Center at Indiana University (<http://flystocks.bio.indiana.edu/>), та лінії дрозофілід інших видів Drosophila Species Stock Center (<https://stockcenter.ucsd.edu/info/welcome.php>) [37, 48].

У науковців-дрозофілістів всіх країн є загальноприйнята домовленість – надавати безкоштовно один одному лінії мух. У роботи пропонують залучати мух дрозофіл, зібраних у природних популяціях. Найчастіше потрібні колекції ліній *Drosophila melanogaster* підтримують і утримують у лабораторіях постійно, або лише деякий час, якій необхідний для підготовки та проведення досліду.

Сьогодні науковці, які працюють із дрозофілою, мають змогу користуватися двома масштабними онлайн-ресурсами: Drosophila Virtual Library

та FlyBase. Перша є зібранням посилань на ресурси, що охоплюють як базову інформацію про біологію дрозофіли, так і спеціалізовані дані з нейробіології. Друга є «електронною повсякденною лабораторною книгою» (<http://flybase.org>). Можливості даного ресурсу допоможуть знайти не лише різнопланову інформацію про послідовності ДНК і гени дрозофіли, про наукові персоналії і дрозофільні конференції, але і одержати посилання на різні джерела інформації, що пов'язані з різноманітними дослідженнями на даному модельному об'єкті. Тут знаходяться посилання як на опубліковані так і на неопубліковані дослідження, що пов'язані з дрозофілою. Перед початком планування дослідницької роботи на *Drosophila melanogaster* рекомендовано ознайомитися з інформацією, яка розміщена саме на цьому ресурсі [37].

1.4. Методи роботи *Drosophila melanogaster* в лабораторних умовах

Drosophila melanogaster (представниця родини Drosophilidae, ряду Diptera, класу Insecta, підтипу Tracheata, типу Arthropoda) характеризується високою здатністю до розмноження в лабораторних умовах. Вона має короткий онтогенетичний цикл, значну плодючість, компактні розміри тіла (до 2–3 мм), що дає можливість проводити експериментальні дослідження навіть у приміщеннях із обмеженою площею. Розміри дорослих особин достатні для візуального вивчення фенотипових мутацій.

У природних умовах дрозофіли живляться збродженими фруктами, овочами, соком дерев, тому їх легко відловити поблизу фруктових садів або дерев у період активного плодоношення. У літньо-осінній період представників природних популяцій можна привабити, залишивши на відкритому повітрі ємність із розкладеними фруктами. Різні види роду *Drosophila* мешкають на рослинах, живлячись пилком, або ж на грибах. У лабораторії дрозофіли культивуються на середовищах, що містять продукти дріжджового бродіння [5].

Біологічні особливості *D. melanogaster*

D. melanogaster — невелика сірувата муха завдовжки близько 3 мм, із червоно-коричневими фасетковими очима (у самок близько 780 фасеток, у самців — приблизно 740). Крила перетинчасті, вкриті дрібними волосками, трохи довші за тіло. Самиці зазвичай більші за самців: черевце на кінчику в них

загострений, тоді як у самців — заокруглений (Додаток А). Крім того, останні сегменти черевця у самок менш пігментовані, а в самців на першому членику передніх ніг розміщені статеві гребінці у вигляді хітинових щетинок. До складу грудної частини дрозофіли входять такі сегменти — передньо-, середньо- та задньогри. На передньогрудях розташовані шийні склери, які з'єднують голову з грудним відділом і забезпечують рухливе прикріплення першої пари ніг. Наймасивнішу частину тіла становлять середньогруди, до яких прикріплені друга пара ніг та крила. До задньогрудей кріпляться третя пара ніг і дзижчальця. Поверхня грудей вкрита макрохетами — великими сенсорними щетинками [37].

Цикл розвитку *D. melanogaster*

Запліднення яйцеклітини та початкові етапи ембріонального розвитку проходять у статевих шляхах самки. Через дві доби після вильоту імаго самка здатна відкладати яйця. Середня добова плодючість становить 50–70 яєць, і така активність зберігається протягом 7–10 днів. Кількість відкладених яєць залежить від щільності популяції та умов середовища. Самки зберігають сперму у спермоприймачах упродовж життя, що забезпечує можливість відкладати запліднені яйця навіть після одноразового спаровування [20].

Дрозофіла належить до комах із повним перетворенням (голометаболія), тобто її розвиток включає стадії *яйця, личинки, лялечки та імаго* (Додаток Б). Для виду характерний мозаїчний тип організації яйця, а детермінація формування основних структур тіла відбувається на ранніх етапах ембріонального розвитку [5, 18].

1. **Ембріональний розвиток.** Триває приблизно 20–24 години. Запліднення відбувається внутрішньо, а розвиток зародка проходить у межах яйцевої оболонки. Яйце має довжину близько 0,5 мм і забезпечене двома відростками, які утримують його на поверхні середовища. Завершення мейотичного поділу відбувається лише після запліднення; незапліднені яйця дегенерують.
2. **Личинкова стадія.** Починається після вилуплення і триває близько 4–5 діб. Вона складається з трьох вікових фаз (I–III), між якими відбуваються

линьки, контрольовані гормоном екдизоном. Личинки активно живляться, ростуть і накопичують поживні речовини. У кінці третьої стадії вони досягають довжини приблизно 4,5 мм і залишають середовище, готуючись до заляльковування.

3. **Стадія лялечки.** Триває 4–5 діб. У цей період відбувається руйнування личинкових тканин і формування структур дорослої особини з імагінальних дисків. Гонади та нервова система зберігаються частково, забезпечуючи спадкову безперервність організму.
4. **Імаго (доросла особина).** Молоді мухи виходять із пупарію, використовуючи лобовий міхур, яким розривають оболонку лялечки. Спочатку тіло імаго світле, непігментоване, а крила не розправлені. Через кілька годин відбувається затвердіння покривів і накопичення пігментів. Тривалість життя дорослої дрозофіли у лабораторних умовах становить 3–4 тижні, хоча за спеціальних умов вона може жити до 135–150 днів.

Повний життєвий цикл при оптимальній температурі (24–25 °C) триває близько 10 діб, що дає змогу отримувати до 40 поколінь на рік.

Температура навколишнього середовища істотно впливає на швидкість розвитку: при 20 °C життєвий цикл подовжується до 12–15 діб, а при 15 °C — до 18 діб. При підвищенні температури понад 31 °C спостерігається часткова або повна стерильність особин.

Мутантні лінії дрозофіли зазвичай мають знижену життєздатність у порівнянні з диким типом, однак деякі мутації можуть підвищувати стійкість до зовнішніх факторів. Завдяки короткому життєвому циклу, високій плодючості та генетичній стабільності *D. melanogaster* залишається одним із найзручніших модельних організмів у сучасній біології.

Характеристика мутацій у *D. melanogaster*

Знання морфологічних і фізіологічних характеристик особин дикого типу *D. melanogaster* має ключове значення для аналізу мутацій. Для цього виду описано велику кількість як спонтанних, так і індукованих мутацій.

Спадкові зміни можуть поширюватись на всі характеристики фенотипу дрозозфіли – форму та колір очей, тіла, будову голови, форму та будову грудей, розміщення щетинок і волосків.

Не всі мутації дрозозфіли однаково зручні для генетичного аналізу. Перший атлас мутантів дрозозфіли був створений К. Бріджесом у 1939 році і за ступенем вивченості, чіткості прояву та легкості класифікації мутанти дрозозфіли були поділені на 5 категорій. У теперішній час найбільш повним атласом мутантів *Drosophila melanogaster* є атлас Д.Линдсли і Е.Грелла (1968 р.) які поділили всі мутації на 3 класа:

RK 1 – група мутантів, яких легко підлягають підрахунку у генетичних експериментах.

RK 2 – клас мутантів, яких підрахунок робити ускладнено.

RK 3 – мутантні лінії, які не здатні для генетичного експерименту що передбачає підрахунок [20].

В навчальних генетичних дослідженнях використовують переважно мутації класу RK 1. Відомості про ці мутаційні зміни подані у Додатку Г.

У генетичних дослідженнях найчастіше використовують такі фенотипові ознаки, як форма й колір очей, будова крил, забарвлення тіла, кількість і розташування щетинок тощо. Відповідно до фенотипових змін у генетичному аналізі найчастіше надають перевагу таким мутантним лініям:

- *white (w)* — одна з найвідоміших мутацій. Вона руйнує функцію транспорту пігментних прекурсорів до гранул пігменту в клітинах ока, через що пігменти не накопичуються, і очі стають білими. Цей ген локалізований на X-хромосомі.
- *sepia (se)* — мутація, за якої через порушення синтезу дросоптеринів очі набувають темно-коричневого або сепіоподібного кольору (оскільки червоний пігмент у цьому випадку недоутворюється).
- *yellow (y)* — рецесивна мутація, яка знижує утворення темних пігментів, через що тіло набуває жовтого відтінку.

- *ebony (e)* — інша класична мутація: особини мають темне, майже чорне забарвлення тіла через зміну обміну пігментів.
- *vestigial (vg)* – крила сильно редуковані, недорозвинені, часто непридатні для польоту.
- *cutwings (cut)* – рецесивна мутація виглядає як обрізані крила і приводить до зменшення розміру крила, але кількість жилок не міняється.
- *spineless (sp)* – рецесивна мутація, дуже короткі щетинки.
- *forked (fr)* – рецесивна мутація, щетинки викривлені та подвоєні на кінці.

У лабораторних умовах мутантні лінії дрозофіли зберігають на живильних середовищах, що містять дріжджі, ману крупи або кукурудзяне борошно та агар. Культивування здійснюють за температури 24–25 °С, при якій забезпечується стабільна плодючість і оптимальний темп розвитку. Для довготривалого зберігання колекцій застосовують заморожені ембріони, періодичне пересівання популяцій або підтримання запасних ліній [5].

Систематичне ведення колекцій мутантів здійснюється у спеціалізованих центрах, зокрема у Bloomington Drosophila Stock Center (США), який зберігає десятки тисяч генетичних ліній, доступних для дослідників усього світу [48].

Мутації дрозофіли мають величезне значення не лише для фундаментальної генетики, але й для біомедицини. Багато генів *D. melanogaster* є гомологами людських, тому вивчення її мутацій допомагає досліджувати механізми спадкових хвороб, канцерогенезу, старіння та дії токсичних речовин. Дрозофіла також використовується як тестовий об'єкт для оцінки мутагенної активності речовин і факторів довкілля, що має велике екологічне значення [55].

Утримання та розведення *D. melanogaster* у лабораторних умовах.

Завдяки своїм унікальним здібностям муха дрозофіла легко розводиться у лабораторних умовах. Кожна лінія утримується індивідуально у невеликих банках, або у плоскодонних пробірках відповідного розміру (2,5 см x 10 см) на стандартному живильному середовищі. Існує велика кількість рецептів поживних середовищ, але не дивлячись на варіабельність складу, основними компонентами харчування мух є цукор і дріжджі [20].

Приготування живильного середовища.

Базове живильне середовище включає наступні компоненти: вода, цукор, манна крупа, родзинки, дріжджі і в якості згущувачу – агар-агар (Додаток В).

Для виготовлення поживного середовища на 50 пробірок необхідно:

1. Розчинити 8 г агар-агару у 0,5 л холодної води та довести до кипіння.
2. Додати розтерти у фарфоровій ступці 16 г родзинок.
3. У киплячій агар-агар додати 30-40 г дріжджів і варити на малому вогні 30 хвилин, підливаючи гарячу воду щоб не змінювався початковий об'єм.
4. По завершенню півгодинного кипіння додати постійно помішуючи 15 г манної крупи та 15 г цукру. Середовище довести до кипіння і вартит на малому вогні 10-15 хвилин постійно помішуючи.

Готове поживне середовище відразу розливають за допомогою лійки у чистіт стерильні дрозодільні пробірки, приблизно на 1,5-2 см їх висоти, запобігаючи потраплянню середовища на стінки пробірки, щоб самки мух не відклали там яйця, які загинуть.

Пробірки накривають чистою марлею і охолоджують. За 30-40 хвилин, коли середовище набуває желеподібного стану, на його поверхню посипають сухі дріжджі. Компоненти середовища є основою для живлення личинок, а дріжджі, що проросли на поверхні середовища, слугують основним джерелом харчування дорослих особин.

Після повного охолодження середовища та висихання конденсату пробірки закорковують ватним корком. Таки пробірки готові для посадки мух. [20].

Техніка роботи з дрозоділою

Всі маніпуляції з мухами дрозоділами виконуються під наркозом. В якості якого використовують серчаній ефір *pro narcosi*. Знерухомлення мух здійснюють з допомогою ефізатору (пробірка-морилка з корком, у якій вставлена вата змочена ефіром). По стінках пробірки з необхідними мухами обережно постукують пальцями, відганяючи мух подалі від корка, і швидко виймаючи

корок перехиляють пробірку та за допомогою лійки пересипають дрозодів у ефізатор. Коли всі мухи будуть в ефізаторі закрити пробірку корком з ваткою. Як тільки мухи стали нерухомими їх висипають на білий папір. Від довгого перебування під наркозом мухи гинуть за 3-5 хвилин.

Знайомство з морфологічними особливостями *D. melanogaster* зручно проводити за допомогою ручної лупи, або під слабким збільшенням бінокюляру. Пересувають дрозодів по папері та заселяють їх у пробірки з новим поживним середовищем за допомогою пензля. Проволячі будь які маніпуляції з мухами необхідно максимально уважно слідкувати за їх станом, якщо вони почали просинатися, їх необхідно підморти ефіром, нероздусити та незагубити їх.

Пробірки в яких були заселені сплячі мухи необхідно тримати у горизонтальному положенні до повного прокидання дрозодів. Лише після цього пробірки можна поставити та переносити у термоста, де вони перебувають за оптимальної температури 23-24⁰ C.

По завершенню генетичного дослідження відпрацьовані пробірки очищують, замочують у розчині соди (25-30 г на відро води) та ретельно моють проточною водою. Чисті пробірки сушать і стерилізують у сушильній шафі [20].

Методика постановки генетичного експерименту.

Основою класичного генетичного експерименту є гібридологічний метод. Для постановки дослідження підбираються вихідні батьківські форми, які відрізняються між собою альтернативним проявом конкретної ознаки. Зазвичай, в якості однієї батьківської форми використовують лінію дикого типу (*Normal*), а в якості іншої – одну із мутантів: *white*, *vestigial*, *ebony*, *curved*, *cinnabar*, *yellow* та інші [20].

Організація генетичного дослідження завжди передбачає реципрокні схрещування, які дозволяють з'ясувати характер успадкування ознаки. Якщо у нащадків за досліджуваною ознакою результати реципрокних схрещувань однакові, це свідчить про аутосомне успадкування. Якщо результати реципрокних схрещувань будуть різні – має місце зчеплене зі статтю успадкування [18, 20].

При проведенні генетичного аналізу використовують батьківські форми які є гомозиготними за досліджуваною ознакою. В якості материнського організму необхідно використовувати лише віргінних (незайманих) самок яким не більше 8-12 год після вилуплення. З цією метою із культури певної лінії вилучають дорослих імаго та переглядають пробірки з молодими мухами, як тільки вони з'являються, їх наркотизують ефіром та розділяють за статтю кожних 6-8 годин. Протягом 2-4 діб вони використовуються у генетичному експерименті.

Для досліду у кожному пробірці живильним середовищем відбирають 3-5 знерухомлених віргінних самок і 4-5 самців відповідних ліній. Пробірки закорковуються ватним корком і обов'язково підписують зазначаючи дату та номер пробірки, що відповідає досліду. Експериментальні пробірки зберігають у термостаті. Весь процес проведення наукових досліджень відображається у робочому протоколі.

Після парування, приблизно через дві доби, починається відкладання яєць. З кожним днем інтенсивність яйцекладки у самок зростає і досягає максимуму на 5 добу. У цей період вона відкладає до 70 яєць за добу. Процес відкладання яєць у самок триває тижні, інколи до кінця життя. За своє життя самка може дати до 600 нащадків [18, 20].

РОЗДІЛ 2.

БІОЛОГІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРЕДМЕТУ «БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ»

Порядок і теми проведення уроків з предмету «Біологія і екологія» у 10 (профільному) класі відображено у календарно-тематичному плануванні створеного згідно з чинною навчальною програмою, що затверджена наказом МОН України № 1407 від 23.10. 2017 р. <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>) [24].

2.1. Біологічний експеримент, його роль, функції та умови.

Концептуальною основою Нової української школи є діяльнісний підхід, який передбачає активну участь учнів у навчанні замість пасивного сприйняття інформації. Сучасна біологічна наука являє собою складний комплекс фундаментальних і прикладних галузей, що впливають на різні сфери суспільного життя [19, 22]. Тому проведення біологічного експерименту допоможе школярам оволодіти знаннями та навичками які вони зможуть застосувати як під час освітнього процесу так і у повсякденному житті [38, 40, 42, 44].

Біологічний експеримент на уроці є необхідною умовою для стимулювання пізнавальної активності учнів, розвитку сталого інтересу до предмета, розуміння практичного застосування біологічних знань та формування наукового світогляду. Саме завдяки експерименту учні на власному досвіді отримують конкретну інформацію, а не формальні знання про біологічні процеси [25, 28, 30, 31].

Впровадження експерименту дає змогу учителю, а іноді учню самостійно, наочно демонструвати явища навколишнього світу, викликати сенсорне сприйняття, формувати біологічні поняття та уявлення, а також надає можливість практично підтвердити достовірність теоретичних знань [35, 46]. Такий експеримент реалізує інформаційно-дослідницьку функцію, забезпечуючи глибоке наукове трактування суті біологічних процесів, а також ілюструє динаміку наочності на всіх рівнях пізнання [2, 13, 26, 34, 41, 47].

Впровадження біологічного експерименту сприяє виконанню основних функцій навчання:

- *Освітньої*: забезпечує усвідомлення біологічних явищ, законів і теорій; сприяє формуванню понять, аналізу причинно-наслідкових зв'язків та оволодінню біологічними дослідницькими навичками.
- *Розвивальної*: формує позитивну мотивацію, яка є першим кроком до глибокого інтересу та стимулює пізнавальні здібності.
- *Виховної*: сприяє формуванню таких рис, як уважність, точність, спостережливість, здатність самостійно виконувати роботу, самоконтроль та залучення до цілеспрямованої наукової діяльності [36].

Проведення біологічного експерименту передбачає дотримання умов:

- 1) Він має бути доступним (передбачає стандартне обладнання і просте виконання), наочним (дозволить отримати результат якій чітко помітний і зрозумілий), цікавим (викликати інтерес до результатів), пізнавально цінним (повинен розкривати суть біологічних механізмів та відповідати навчальній програмі).
- 2) Завжди відрізнятися новизною, мати практичне значення та стимулювати інтерес учнів.
- 3) У навчальному процесі біологічний експеримент повинен виконуватися послідовно і систематично, щоб розвивати дослідницькі уміння та підтримувати творчо-пошуковий інтерес учнів [33, 42, 43].

2.2. Підготовка та проведення біологічного експерименту в процесі вивчення теми «Спадковість та мінливість»

Біологічний експеримент з використанням *Drosophila melanogaster*, як правило, має на меті перевірку достовірності законів успадкування Г. Менделя. Він передбачає роботу з живими об'єктами та використання медичного ефіру для знерухомлення мух, що вимагає особливої уваги та акуратності у роботі.

Оскільки біологічні експерименти з використанням гібридологічного методу є довготривалі, вони дозволяють поєднати урочні та позаурочні періоди підготовки та проведення дослідження.

Пізнавальна діяльність у підготовчому етапі та періоді проведення біологічного експерименту по вивченню спадковості і мінливості дозволить учням сформувати здатність до розуміння проблеми та планування завдання; підбору батьківських пар необхідних для схрещування; роботи з інструктивними картками; послідовність проведення дослідження; аналізу отриманих даних; узагальнення результатів та застосування набутих знань у буденних питаннях і життєвих ситуаціях.

Підготовка та проведення експериментального дослідження забезпечує учнями досягнення таких результатів навчання як: перевірка гіпотези, оволодіння гібридологічним методом як під керівництвом вчителя так і самостійно, опанування статистичними методами обробку результатів дослідження, пояснення законів та закономірностей природи, робити аналіз помилок [32, 4].

Порядок підготовки та проведення біологічного експерименту, з зазначенням діяльності вчителя-керівника і учня-виконавця розроблено і представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Послідовність підготовки та проведення біологічного експерименту по вивченню закономірностей спадковості

№	Етап експерименту	Зміст роботи вчителя	Зміст роботи учня
1	<i>Планування експерименту</i>	Розведення різних ліній дрозофіл відповідно до мети дослідження та їх утримання у лабораторних умовах.	Обговорення теми дослідження, з'ясування мети і формування і планування завдань, повторення з теоретичними аспектами успадкування, ознайомлення з інструкцією техніки безпеки.
2	<i>Підготовка до постановки експерименту</i>	Повідомлення про експеримент, ознайомлення з основними вимогами, окреслення змісту	Знайомство з модельним об'єктом, вивчення його біології та циклу розвитку,

		дослідження, мотивація та допомога у визначенні завдань, проведення інструктажу з техніки безпеки.	характеристикою мутантних ліній дрозофіли. Допомога вчителю з пересадкою і підтримкою ліній
3	Постановка експериментального дослідження	Приготування живильного середовища, ознайомлення з методикою закладання дослідження, забезпечення лабораторним обладнанням, оформлення протоколу дослідження.	Отримання відповідних ліній дрозофіл, Складання генетичних схем схрещування, наркотизація мух, посадка батьківських форм у пробірки.
4	Проведення експериментального дослідження	Спостереження за ходом експерименту, консультація, коректування роботи учнів.	1. Перевірка мух і спостереження за циклом розвитку, вилучення батьківських форм, одержання гібридів I покоління, аналіз гібридних нащадків. 2. Знерухомилення гібридів першого покоління та їх посадка на нове живильне середовище. 3. Перегляд піддослідних пробірок, спостереження за циклом розвитку, вилучення батьківських форм, одержання гібридів II покоління, аналіз гібридних нащадків. Ведення протоколів дослідження
5	Отримання результатів	Фіксування результатів експерименту, спостереження за статистичною обробкою	Аналіз отриманих даних, статистична обробка результатів, перевірка

		одержаних результатів, редагування і коректування висновків	достовірності результатів, формулювання висновків
6	Оформлення звіту	Консультація Обговорення результатів у класі	Оформлення протоколів дослідження, узагальнення результатів, доповнення фотоматеріалами, малюнками, схемами.
7	Оцінка пізнавальній діяльності та її результати	Аналіз проведення експерименту, перевірка результатів дослідження за встановленими критеріями, додаткові питання	Представлення протоколів дослідження, відповіді на запитання
8	Підсумок експерименту	Корекція навчальної та позанавчальної діяльності	Самоаналіз, використання одержаних умінь у навчальному процесі та повсякденному житті

Орієнтовні питання для обговорення генетичного експерименту:

- Які емоції виникли у вас після оголошення проведення експерименту?
- Які нові знання отримали під час виконання дослідження?
- Які здобули нові навички та вміння?
- Наскільки переконливими виявились результати експерименту?
- Чи спонукає виконана робота на наступні експериментальні дослідження?
- Чи допомагає наочний біологічний експеримент формуванню пізнавальної діяльності, власної думки та застосуванню одержаних знань, умінь, навичок?

Основні критерії оцінки генетичного експерименту передбачали наступні параметри:

- ✓ Мотиваційна зацікавленість.
- ✓ Ініціативність, акуратність та послідовність у виконанні експерименту.
- ✓ Злагоджена співпраця у наукових ланках, взаємоповага.
- ✓ Аргументація одержаних результатів та розуміння навчального матеріалу.
- ✓ Формування логічних висновків та оформлення протоколів дослідження.

2.3. Організація учнівства до проведення генетичного експерименту при вивченні спадковості та мінливості

Календарно-тематичне планування предметного курсу «Біологія і екологія» передбачає вивчення теми «Спадковість і мінливість» у 10 класі (профільний рівень) протягом 35 годин, серед яких є уроки, де виклад матеріалу доцільніше подати у вигляді генетичного експерименту з використанням живих модельних об'єктів, зокрема таких як *Drosophila melanogaster*. Це дозволить учням кращі зрозуміти теоретичний матеріал та набути пізнавальні навички для подальшого навчального процесу.

З цією метою у Тячівському ліцею № 2 (м. Тячів, Закарпатська обл.) було створено дві групи школярів. Першу групу склали 25 учнів 10-А класу, які у ході вивчення теми «Спадковість і мінливість» приймали участь у підготовки та проведенні генетичного експерименту по схрещуванню різних ліній мух дрозофіл і отриманню гібридів першого і другого покоління (експериментальний клас, ЕК). Другу групу становили учні 10-Б класу (19 осіб), у яких знання теми одержувались без проведення експерименту (контрольний клас, КК).

Для ефективності проведення експериментального дослідження, учні експериментального класу були поділені на наукові ланки за принципом робочого місця учня за певною партою (2 учнівські партії, 4 учня – 1 ланка). Це дало змогу залучити більшу кількість учасників до активних дій та одержати результати схрещування у кількох повторностях, що сприяє ще кращому переконанню у достовірності результатів.

Десятикласники ЕК групи у позаурочний час допомагали вчителю з пересадкою і підтримкою піддослідних ліній дрозофіл.

Для перевірки впливу дослідницької діяльності на розвиток критичного мислення, творчої активності та вмотивованості подальшого вивчення біології нами була розроблена анкета-опитувальник, яка передбачала виявлення рівня учня у наступних питаннях:

1. Твій інтерес до предмету (підкресли *високий* / *середній* / *низький*).

2. Які можливості предмету для подальшого твого зростання та саморозвитку (підкресли *висока / середня / низька*).
3. Яка активність використання додаткових джерел при підготовці до предмета (підкресли *висока / середня / низька*).
4. Твоя активність на уроці біології під час виконання завдань і обговоренні результатів (підкресли *висока / середня / низька*).
5. Твоє бажання самостійно виконувати експериментальні дослідження для одержання знань з предмету (підкресли *високе / середнє / низьке*).
6. Якій твій рівень володіння навичками та вміннями для проведення біологічного експерименту (підкресли рівень *високий / середній / низький*).
7. Оціни свій рівень знань з «Біології та екології» і можливість використати набуті уміння у повсякденному житті (підкресли рівень *високий / середній / низький*).

Розроблена анкета-опитувальник пропонувалась десятикласникам групи ЕК двічі, перед початком вивчення теми і проведення експериментального дослідження з використанням *D. melanogaster* і після оформлення результатів дослідіду. Десятикласники групи КК проходили анкетування лише один раз перед початком вивчення відповідної теми.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ НА ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ

Особливість шкільного предмету «Біологія та екологія» полягає у формуванні дослідницької компетентності школярства шляхом пошуку і засвоєння нових знань та оволодіння новими вміннями і навичками. Але самі по собі компетенції оцінити не можливо, підсумком освітнього процесу виступають передбачувані результати навчання, іншими словами це комплекс суджень, знань, умінь, навичок, міркувань, який можна оцінити за відповіддю учня, його судженнями, обґрунтованими висновками.

Для покращення рівня результатів навчання учитель має право творче змінювати навчальну програму, корегувати її зміст, змінювати послідовність викладу матеріалу, обирати об'єкти і приклади для вивчення, змінювати кількість годин на відповідні теми [м14, 24].

Нормативні документи, які регулюють організацію освітнього процесу зазначають що практична складова предмету «Біологія і екологія» здійснюється шляхом організації і проведення практичних та лабораторних занять, дослідницьких практикумів, лабораторних досліджень, реалізації проєктів, демонстрацій та екскурсій[м14, 24]..

Аналіз літературних джерел показав, що впровадження експерименту в урочний та позаурочний час позитивно підвищують мотивацію пізнавальної діяльності учнів [35-38].

3.1. Особливості підготовки та впровадження біологічного експерименту з використанням дрозофіли на уроках у 10 (профільному) класі

Суть біологічних процесів, таких як ріст і розвиток організму, формування і протікання фізіолого-біохімічних процесів, відбувається поступово у просторі і часі. Тому плануючі біологічні експериментальні дослідження треба зважати на те, що вони потребують значного часу для спостереження і фіксації помітних результатів.

Таким чином, не лише планування біологічного експерименту, але його початок необхідно проводити заздалегідь, враховуючи життєвий цикл та тривалість кожного періоду розвитку до відповідних умов середовища, якщо результати дослідження планується одержати у відповідний термін навчання. Важливим моментом довготривалих досліджень є акуратне введення протоколу досліду протягом всього періоду експерименту, чітка фіксація змін і результатів спостереження, що допоможе прослідкувати динаміку процесів розвитку і зробити обґрунтовані висновки.

3.1.1. Організаційний період генетичного експерименту по вивченню закономірностей успадкування.

Для одержання показових результатів, які відповідатимуть законам спадковості Г. Менделя та їх використання на уроці «Закономірності успадкування, встановлені Г. Менделем. Закон чистоти гамет. Їх цитологічні основи» нами за 1-1,5 місяці було придбано і введено у культуру *D. Melanogaster* лінію дикого типу *Oregon* та мутантні форми *ebony* (темне тіло), *white* (білі очі), *vestigial* (зачаткові крила).

Відповідно до загальноприйнятих методик розведення дрозофіл у лабораторних умовах було спрямовано на збільшення чисельності мух кожної лінії відповідно до кількості учнів експериментального класу, шляхом пересадки їх на нове поживне середовище. До виконання даної роботи залучали учнів які виявили зацікавленість. Необхідною умовою експерименту є підтримка колекції мух на протязі всього експерименту.

На першому уроці теми «Спадковість та мінливість» для учнів експериментального класу виділили до 10 хвилин часу і логічно до матеріалу уроку, коли окреслювали людину як об'єкт генетичних досліджень школярам розповідали про інші зручні модельні об'єкти генетичного експерименту та демонстрували розроблену мультимедійну презентацію «Дрозофіла – модельний об'єкт генетичних досліджень». У позаурочний час було розпочато експериментальне дослідження, основним завданням якого було вивчення біології та життєвого циклу *Drosophila melanogaster*, розроблений план-

конспект представлений у Додатку Д. На занятті десятикласники прослухали інструктаж з техніки безпеки, оглянули прилади, лабораторний посуд, ознайомились з компонентами живильного середовища та методикою його приготування, яке будуть використовувати під час дослідження. ознайомились плодовою мушкою дрозофілою, розглянули живу культуру дикого типу та ознайомились з циклом її розвитку. Особливу увагу було звернуто на необхідність своєчасної констатації спостережень, одержаних результатів і відповідність експериментальних даних теоретичному матеріалу. Головною вимогою будь якого експерименту є ведення протоколу дослідження. Відповідно до інформації та виконаної роботи учні отримали завдання для самостійного виконання, які мали зафіксувати у протоколі дослідження.

Наступним кроком експериментального дослідження передбачалось знайомство з мутантними лініями дрозофіли. У позаурочний час, відповідно до план-конспекту поданого у Додатку Ж, учні експериментального класу розглядали живі культури *D. Melanogaster* різних мутантних ліній: *ebony* (темне тіло), *white* (білі очі), *vestigial* (зачаткові крила), ознайомились з переліком інших мутантних форм, з'ясували правила запису їх ідентифікації. Для узагальнення і систематизації отриманих знань десятикласникам продемонстрували розроблену нами мультимедійну презентацію на тему «Характеристика мутантних форм *Drosophila melanogaster*» на основі якої учнівству запропоновано завдання для самостійного опрацювання.

3.1.2. Постановка і проведення експериментального дослідження по вивченню закономірностей успадкування.

Підчас уроку «Генетика – наука про закономірності успадкування ознак та їх мінливість. Основні етапи розвитку генетики» на етапі вивчення нового матеріалу було продовжено експериментальне дослідження відповідно до план-конспекту поданого у Додатку З. Учні отримали відповідні лінії дрозофіли, пробірки з живильним середовищем та необхідне лабораторне обладнання. У протоколах дослідження склали генетичні схеми схрещування на основі яких закладати біологічний експеримент відповідно до інструктивної картки.

Особлива увага приділялась роботі з медичним ефіром і дотримання всіх вимог щодо роботи з плодовою мушкою. Піддослідні пробірки маркірували і поміщали у тепле місце для розвитку нащадків. За тиждень учні робили першій попередній огляд пробірок, вилучали батьківські форми і чекали появи нащадків першого покоління.

Продовження експериментального дослідження проводили на основі план-конспекту з Додатку 3 під час уроку «Закономірності успадкування, встановлені Г. Менделем. Закон чистоти гамет. Їх цитологічні основи» Кожна ланка отримала свої піддослідні пробірки, оглянула нащадки першого покоління. відповідно до завдання інструктивної картки мух кожної пробірки знерухоміли, висипали на білий папір, розібрали за статтю та порахували кількість самиць та самців. Одержані результати фіксували у протоколі дослідження. Аналогічні маніпуляції провели зі всіма пробірками. В отримані пробірки зі свіжозвареним поживним середовищем закладали новий дослід на отримання гібридів другого покоління. Маркували пробірки відповідно до попередніх результатів. Мух утримували у теплому місці. За тиждень учні оглядали пробірки, вилучали батьківські форми і чекали появи нащадків другого покоління.

Наприкінці уроку «Успадкування, зчеплене зі статтю» відповідно до план-конспекту Додатку 3 завершували експериментальне дослідження. Логічно до нового матеріалу запропонували учням самостійно підрахувати і продемонструвати результати розщеплення прямого та зворотного схрещувань. З цією метою вони знерухомлювали гібридних нащадків, на білому папері розділяли самиць і самців, фіксуючи фенотип кожної мухи. Результати всіх пробірок заносили у протокол відповідного досліду. За результатами одержаного розщеплення у гібридних нащадків другого покоління, пропонували школярам порівняти співвідношення аутосомного та зчепленого зі статтю успадкування.

3.1.3. Аналіз результату експериментального дослідження по вивченню закономірностей успадкування.

По завершенню експериментального дослідження школярі зосередили свою увагу на заповненні протоколу дослідів, додали власні фотографії, на яких

зафіксовані піддослідні мухи різних періодів розвитку, мутантні форми та фенотипові класи гібридних нащадків першого і другого поколінь.

Отримані експериментальні результати підлягають статистичному обрахунку, їх необхідно порівняти з теоретично очікуваними відповідно до закономірностей спадковості (законів Г. Менделя). Це дасть змогу встановити достовірність одержаних результатів. Підсумок одержаних результатів експериментального дослідження поводити у позаурочний час за план-конспекту з Додатку І. Школярі опанували новий метод χ^2 (хі-квадрат) Пірсона-Фішера, за величиною якого встановлювали статистичну достовірність розщеплення експериментальних схрещувань. Заповнені протоколи дослідження з висновками до кожної роботи здавали на перевірку.

У ході оцінювання пізнавальної діяльності та її результатів учні давали відповіді на додаткові запитання, зокрема:

перелік питань репродуктивного характеру:

1. за якими ознаками відрізняли мух дрозофіл за статтю?
2. які лінії дрозофіл використовували для експериментального дослідження аутосомного успадкування?
3. які лінії дрозофіл використовували для експериментального дослідження зчепленого зі статтю спадкування?
4. яке співвідношення фенотипових класів спостерігали у першому поколінні (F_1)?
5. які результати розщеплення отримано у другому поколінні (F_2)?

перелік питань аналітичного характеру:

1. чому всі нащадки F_1 прямого та зворотного схрещування аутосомного успадкування мали однаковий фенотип?
2. чому відрізнялись нащадки F_1 прямого та зворотного схрещування за зчепленого зі статтю успадкування ?
3. як можна пояснити появу різних фенотипових класів у нащадків F_2 ?
4. як можна визначили яка ознака домінантна, а яка рецесивна?
5. чим відрізняється аутосомне успадкування від зчепленого зі статтю?

перелік питань узагальнюючого характеру:

1. як відрізнити аутосомний тип успадкування від зчепленого зі статтю?
2. які висновки можна зробити про роль статевих хромосом у передачі спадкових ознак?
3. які закономірності спадковості підтвердив ваш експеримент?
4. як результати експерименту з дріозофілою підтверджують або спростовують закони Менделя?
5. як можна застосувати отримані знання про спадковість у медицині чи селекції?

перелік питань рефлексивного характеру:

1. які труднощі виникли під час проведення експерименту?
2. чому дріозофіла є зручним об'єктом для генетичних досліджень?
3. які нові знання про генетику ви отримали в результаті роботи?
4. якщо вам запропонують участь у наступному експериментальному дослідженні ви б погодились?
5. які біологічні явища та процеси ви б запланували експериментально дослідити?

3.2. Аналіз результатів анкетування щодо ефективності проведення біологічного експерименту з модельним об'єктом дріозофілою

Плануючи проведення біологічного експерименту, перед нами постало питання, на скільки ефективно він сприятиме розвитку пізнавальної діяльності, формуванню дослідницьких умінь та практичних навичок, вдосконаленню самоорганізації та саморозвитку і покращенню спрямованості навчання? Для вивчення дано проблеми з учням експериментального і контрольного класів нами було проведено анкетування, яке передбачало два етапи. Перший етап анкетування проходили учні двох класів перед початком вивчення теми «Спадковість і мінливість». Десятикласники контрольного класу дану тему вивчали традиційним методом, а експериментального класу – використовуючи модельний об'єкт дріозофілу власноруч проводили експериментальне

дослідження. По завершенню експерименту і вивчення закономірностей спадковості, вони повторно відповідали на питання анкети.

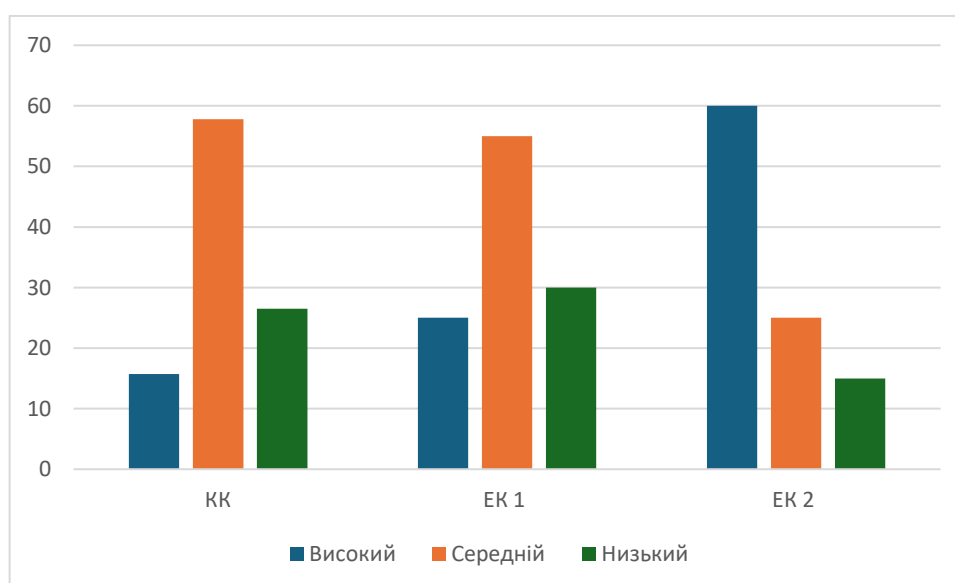
За результатами учнівських відповідей на анкету-опитувальник було зроблено аналіз який поданий у таблицях 3.1-3.7 та наглядно представлений на діаграмах 3.1-3.7.

Таблиця 3.1.

Питання: *Твій інтерес до предмету*

Рівень	І етап				ІІ етап	
	Контрольний клас		Експериментальний клас		Експериментальний клас	
	кіль-ть	%	кіль-ть	%	кіль-ть	%
Високий	3	15,7	4	25,0	12	60,0
Середній	11	57,8	10	55,0	5	25,0
Низький	5	26,5	6	30,0	3	15,0

Відповідно отриманих даних (табл.3.1., діаграма 3.1.) можна констатувати, що у учнів контрольного та експериментального класів інтерес до предмету на високий рівень оцінили незначна кількість (3-4) школярів. Більша половина учнівства обрали середній рівень (55,5-57,8%), а низький рівень продемонстрували 5-6 десятикласників.



Діаграма 3.1. Відсоткове співвідношення учнів контрольного і експериментального класів стосовно 1 питання

Після завершення біологічного експерименту у школярів експериментального класу повторне анкетування показало, що інтерес до вивчення предмету значно збільшився, а саме, кількість учнів з високим рівнем збільшилась у три рази (досягла 60%), кількість учнів з середнім рівнем зменшилась у два рази (25%) та знизилась кількість учнів з низьким рівнем зацікавленості з 6 до 3 учнів.

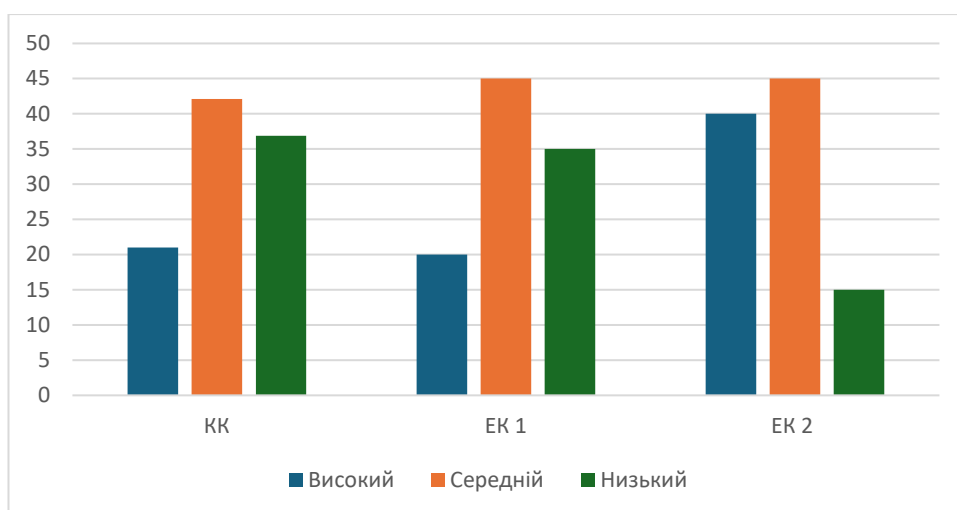
Таким чином без перебільшення можна констатувати, що знайомство з модельним об'єктом дрозодією, впровадження і виконання експериментального дослідження сприяють підвищенню зацікавленості і стимулює інтерес до вивчення предмету «Біологія і екологія».

Таблиця 3.2.

Питання: Які можливості предмету для твого подальшого зростання та саморозвитку

Рівень	І етап				II етап	
	Контрольний клас		Експериментальний клас		Експериментальний клас	
	кіль-ть	%	кіль-ть	%	кіль-ть	%
Високий	4	21,0	4	20,0	8	40,0
Середній	8	42,1	9	45,0	9	45,0
Низький	7	36,9	7	35,0	3	15,0

Аналіз анкетних відповідей (табл. 3.2., діаграма 3.2.) старшокласників свідчив, що значна частина учнів контрольного (42,1%) і експериментального класів (45,0%) оцінили можливість знань з предмету для подальшого зростання та саморозвитку на середній рівень. Кількість учнів, що визнали можливість предмету сприяти самовдосконаленню на високому та низькому рівнях була однаковою у двох піддослідних класах. Впровадження експерименту позитивно змінило відношення учнів експериментального класу стосовно можливостей саморозвитку і продемонструвало збільшення високого рівня до 40% проти 20% до експерименту та зниження низького рівня з 35% до 15%.



Діаграма 3.2. Відсоткове співвідношення учнів контрольного і експериментального класів стосовно 2 питання

Отож, організація та проведення біологічного експерименту позитивно розкриває можливості одержаних знань для подальшого зростання і самовдосконалення.

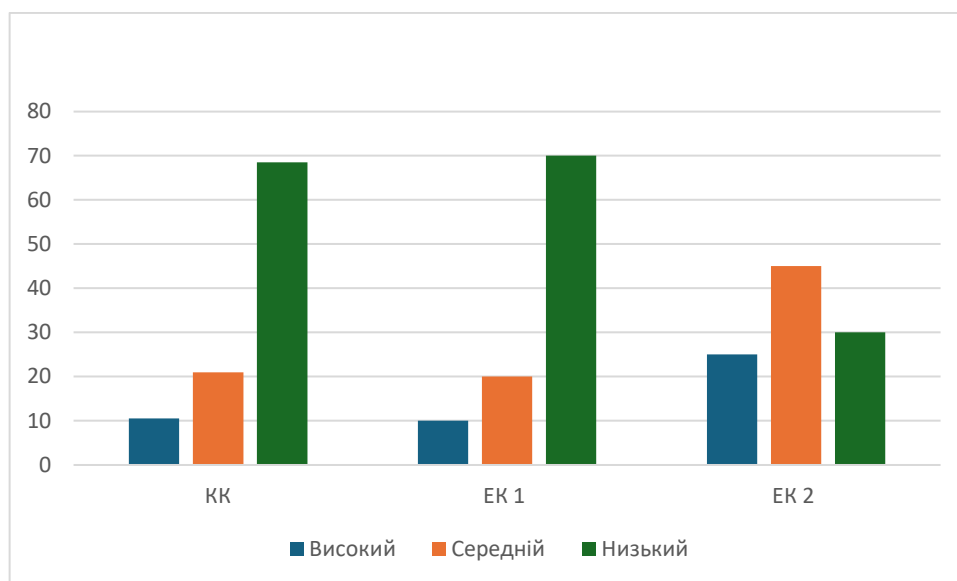
Таблиця 3.3.

Питання: *Яка активність використання додаткових джерел при підготовці до предмета*

Рівень	І етап				ІІ етап	
	Контрольний клас		Експериментальний клас		Експериментальний клас	
	кіль-ть	%	кіль-ть	%	кіль-ть	%
Високий	2	10,5	2	10,0	5	25,0
Середній	4	21,0	4	20,0	9	45,0
Низький	13	68,5	14	70,0	6	30,0

Одержані дані свідчать, що десятикласники контрольного та експериментального класів (табл. 3.3., діаграма 3.3.) на низькому рівні використовують додаткові джерела для підготовки до уроку (68,5-70,0%). Кількість учнів з високим і низьким рівнями була однаковою в обох класах. Тоді як організація, підготовка і виконання експериментального дослідження вимагали від учнів самостійної підготовки з пошуком додаткової інформації і це

призвело до зростання високого та середнього рівнів до 25% і 45% . Кількість учнів з низьким рівнем використання додаткових джерел зменшилась на 40%.



Діаграма 3.3. Відсоткове співвідношення учнів контрольного і експериментального класів стосовно 3 питання

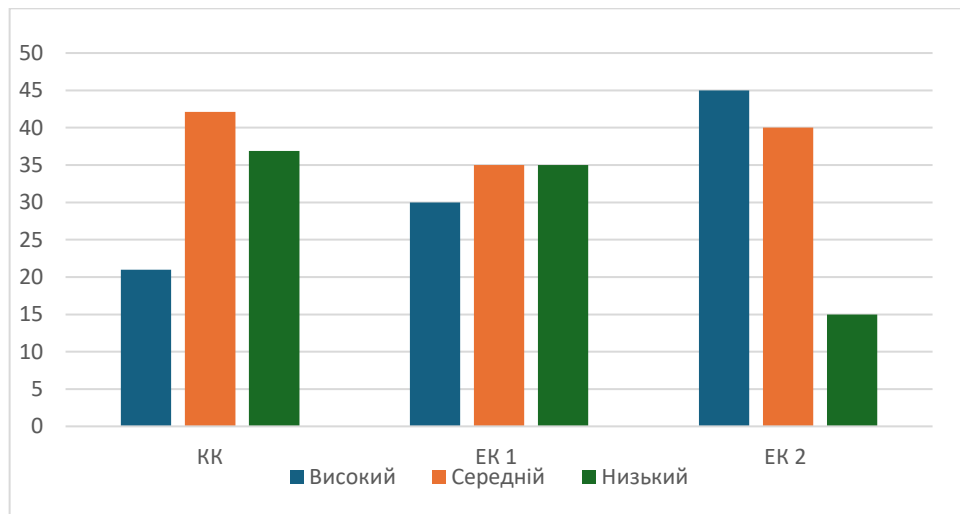
Таким чином, залучення учнівства до виконання експериментальних досліджень з використанням модельних об'єктів підвищує інтерес до навчального матеріалу, додаткової інформації стосовно модельних об'єктів, методики проведення експерименту та статистичної обробки одержаних даних. Це в свою чергу підвищує вмотивованість навчання.

Таблиця 3.4.

Питання: *Твоя активність на уроці біології під час виконання завдань і обговоренні результатів*

Рівень	І етап				ІІ етап	
	Контрольний клас		Експериментальний клас		Експериментальний клас	
	кіль-ть	%	кіль-ть	%	кіль-ть	%
Високий	4	21,0	6	30,0	9	45,0
Середній	8	42,1	7	35,0	8	40,0
Низький	7	36,9	7	35,0	3	15,0

Проаналізовані результати анкетування (табл. 3.4, діаграма 3.4) показали, що низька активність на уроці притаманна 35,0-36,9% учням, середня активність – 35,0-42,1%, висока активність – 21,0-30,0%.



Діаграма 3.4. Відсоткове співвідношення учнів контрольного і експериментального класів стосовно 4 питання

Проведення експерименту та підсумок одержаних результатів позитивно вплинув на активність учнівства експериментального класу. Збільшилась кількість учнів з високим рівнем активності (з 6 осіб до 9) та суттєво зменшився відсоток школярів з низькою активністю (20%).

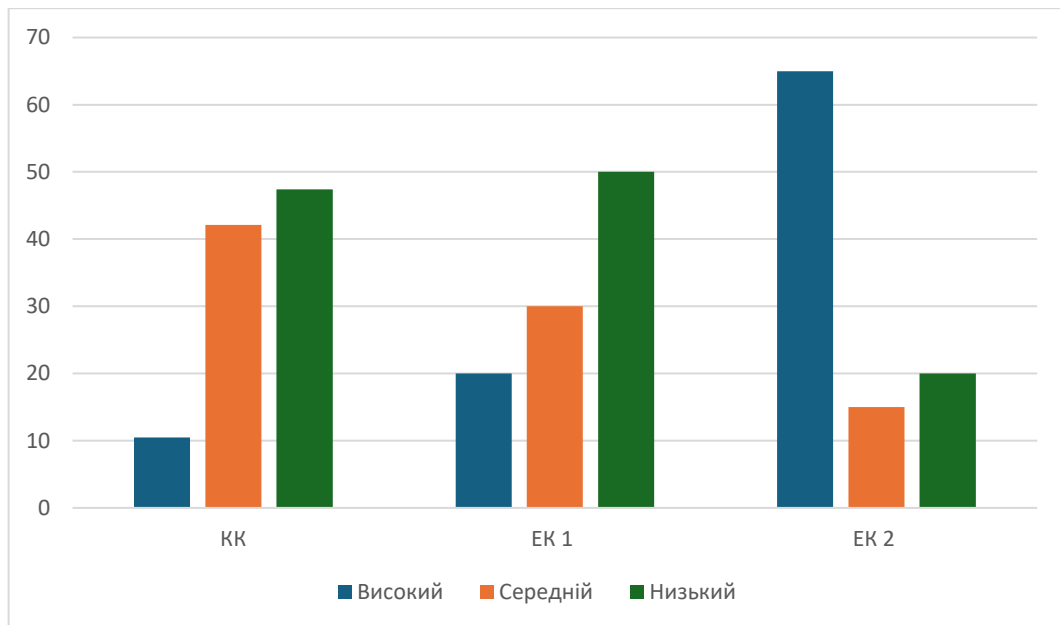
Таким чином, робота з модельним об'єктом і виконання біологічного дослідження покращало розуміння предмету, активізувало інтерес до навчання, сприяло сміливій інтерпретації одержаних результатів.

Таблиця 3.5.

Питання: *Твоє бажання самотійно виконувати експериментальні дослідження для одержання знань з предмету*

Рівень	І етап				II етап	
	Контрольний клас		Експериментальний клас		Експериментальний клас	
	кіль-ть	%	кіль-ть	%	кіль-ть	%
Високий	2	10,5	4	20,0	13	65,0
Середній	8	42,1	6	30,0	3	15,0
Низький	9	47,4	10	50,0	4	20,0

Відповідно до результатів анкетування можна стверджувати, що половина десятикласників мали низький рівень бажання самостійно виконувати експериментальне дослідження (47,4-50,0%). Лише 6 із 39 учнів обох класів виявляли бажання активної участі в експерименті. Середній рівень бажання самостійного проведення експерименту виявили 30-42,2% школярів.



Діаграма 3.5. Відсоткове співвідношення учнів контрольного і експериментального класів стосовно 5 питання

На повторному етапі анкетування виявили, що участь школярів у експериментальному дослідженні сприяла їх активізації для подальших навчальних експериментальних досліджень. В тричі збільшилась кількість учнів (з 20,0 до 65,0%) готових експериментальним шляхом пізнавати закономірності біологічних процесів та покращувати рівень одержаних знань. Низький рівень бажання виконання біологічного експериментального дослідження зменшився до 20%.

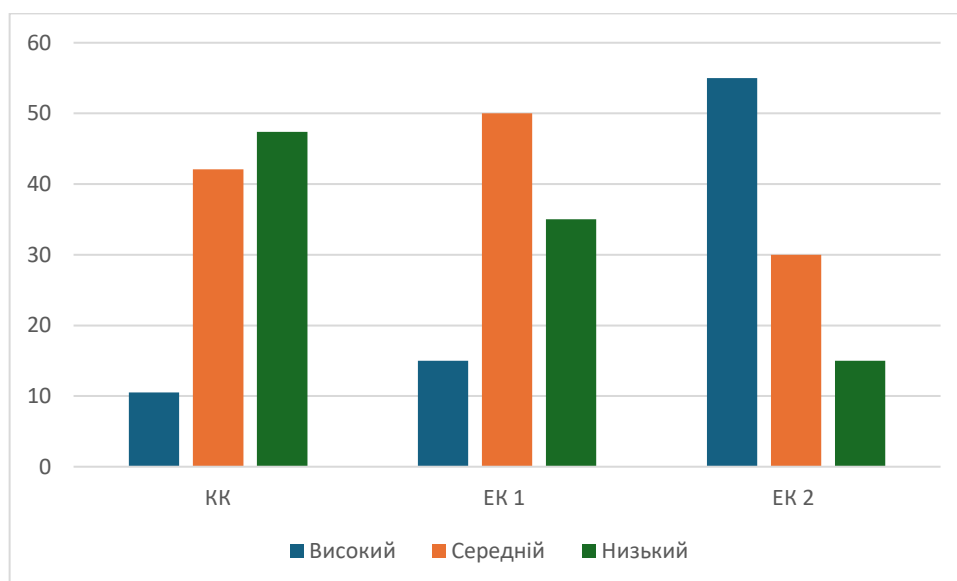
Таким чином, проведення експерименту показало учнівству, що розуміння суті біологічних закономірностей можна отримати власноручно, цікавим та творчим шляхом. Це сприяє підвищенню мотивацій для одержання нових знань з предмету, позитивно впливає на рівень підготовки їх до заняття та оволодіння методикою експерименту, розвиває їх вміння самостійного проведення досліджень.

Таблиця 3.6.

Питання: Який твій рівень володіння навичками та вміннями для проведення біологічного експерименту

Рівень	І етап				ІІ етап	
	Контрольний клас		Експериментальний клас		Експериментальний клас	
	кіль-ть	%	кіль-ть	%	кіль-ть	%
Високий	2	10,5	3	15,0	11	55,0
Середній	8	42,1	10	50,0	6	30,0
Низький	9	47,4	7	35,0	3	15,0

Отримані результати відповідей на анкету показали, що значна частка учнів контрольного та експериментального класів вважають себе недостатньо готовими до проведення експерименту.



Діаграма 3.6. Відсоткове співвідношення учнів контрольного і експериментального класів стосовно 6 питання

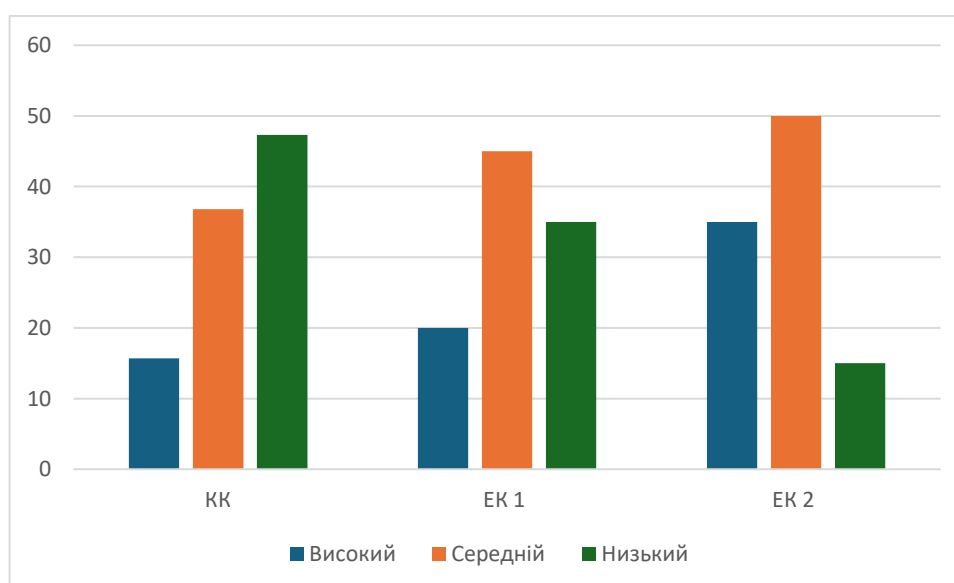
Експериментальне виконання дослідження з використанням мушок дрозофіл сприяло зростанню творчої активності і викликало збільшення кількості учнів з 3 (15,0%) до 11 (55,0%) які помітили у собі підвищення рівня оволодіння дослідницькими навичками, а отримані результати біологічного експерименту дозволили відчувати значимість власних вмінь і знань.

Таблиця 3.7.

Питання: Оціни свій рівень знань з «Біології та екології» і можливість використати набуті вміння у повсякденному житті

Рівень	І етап				ІІ етап	
	Контрольний клас		Експериментальний клас		Експериментальний клас	
	кіль-ть	%	кіль-ть	%	кіль-ть	%
Високий	3	15,7	4	20,0	7	35,0
Середній	7	36,8	9	45,0	10	50,0
Низький	9	47,3	7	35,0	3	15,0

Аналіз відповідей анкети показав, що лише до 20,0% школярства добре розуміють матеріал предмету «Біологія і екологія» і на високому рівні оцінюють можливість використовувати набуті вміння у повсякденному житті. Проте значна частина учнів контрольного (47,3%) і експериментального (35,0%) класів не бачать можливості застосовувати вміння у повсякденному житті. Середній рівень з даного питання коливається у межах 36,8% – 45,0%. Проведення біологічного експерименту показало учням експериментального класу можливість розширити набуті навички та сформувати вміння дослідницької діяльності, які можна буде широко використовувати у повсякденному житті.



Діаграма 3.7. Відсоткове співвідношення учнів контрольного і експериментального класів стосовно 5 питання

Підсумовуючи результати двох етапів анкетування десятикласників контрольного і експериментального класів варто зазначити, що використання модельних об'єктів у біологічних експериментах, цілком відповідає сучасним вимогам навчального процесу, активізує мотивацію навчання, викликає бажання саморозвитку і самовдосконалення та стимулює інтерес до одержання знань і формування навичок необхідних для розв'язання повсякденних питань.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературні джерела показав, що використання модельних об'єктів, зокрема дрозоділі, у біологічних експериментах є ефективним засобом підвищення дослідницьких компетенцій школярів та формує уміння працювати з біологічним матеріалом, сприяє опануванню ключових етапів наукового дослідження, розвитку самостійного мислення, критично оцінювати отримані результати і співвідносити їх із науковими закономірностями, що у свою чергу підвищує мотивацію до вивчення біології.
2. У результаті аналізу календарно-тематичного планування теми «Спадковість та мінливість» з предмету «Біологія і екологія» для 10 класів встановлено, що на дану тему виділено 35 годин. Оскільки біологічний експеримент потребує значного часу для спостереження і фіксації помітних результатів, його розпочинати необхідно заздалегідь, враховуючи життєвий цикл та тривалість кожного періоду розвитку дрозоділі, якщо результати дослідження планується одержати у відповідний термін навчання. Для одержання кінцевих та показових результатів, які відповідатимуть законам спадковості на експеримент виділяли час чотирьох років та залучали учнів у позаурочний час. Такі пролонговані етапи дослідження допоможуть учнівству відчувати власну відповідальність за успіх колективного дослідження і гарантуватиме довіру до самостійно зроблених важливих висновків.
3. Для вивчення позитивного впливу дослідницької діяльності на розвиток критичного мислення, творчої активності та вмотивованості подальшого вивчення біології нами була розроблено анкета-опитувальник, яку проводили до і після біологічного експерименту.
4. Відповідно до тривалого періоду дослідження, були розроблені інструктивні картки для виконання конкретних завдань з послідовною методикою проведення експерименту з використанням модельного об'єкту *Drosophila melanogaster*.

5. Використання модельного об'єкта дрізофіли в експериментальному дослідженні під час вивчення закономірностей успадкування ознак в експериментальному класі показало, що у учнів збільшився інтерес до вивчення предмету на 60%. На 15% зріс рівень знань для подальшого зростання і самовдосконалення, в двічі зросла активність використання додаткових літературних джерел, збільшилась кількість відповідей на уроці та 20% зменшилась кількість школярів з низькою активністю. До проведення дослідження 47,4-50,0% десятикласників мали низький рівень бажання самостійно виконувати експеримент, проте після проведення експериментального дослідження в тричі збільшилась кількість учнів (з 20,0 до 65,0%) готових експериментальним шляхом пізнавати закономірності біологічних процесів та покращувати рівень одержаних знань. Проведення біологічного експерименту показало учням експериментального класу можливість розширити набуті навички та сформувати вміння дослідницької діяльності, які можна буде широко викорчовувати у повсякденному житті.

СПИСОК ВИКОРАСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анічкіна О.В. Формування вмінь проведення хімічного експерименту в школі майбутніми вчителями природничих дисциплін: автореф. дис. ... кандидата пед. наук : 13.00.02. Ін-т педагогіки НАПН України. Київ, 2016. 20 с. URL: https://eprints.zu.edu.ua/22514/1/dys_Anichkina.pdf
2. Антонюк Л. В. Критерії та рівні готовності майбутнього вчителя до навчально-дослідницької діяльності *Наука і освіта* : наук.-практ. журнал. 2012. № 8. С. 4-8.
URL: <http://dspace.pdpu.edu.ua/bitstream/123456789/14571/1/Antonuk.pdf>
3. Баюрко Н. В., Нікітченко Л. О. Формування інтелектуальних умінь учнів на уроках біології за допомогою сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Актуальні питання сучасної біологічної науки та методики її викладання: збірник наукових праць звітної наукової конференції викладачів за 2021-2022 н.р. Вінниця, 2022. С.98-108.
4. Бібик Н.М. Переваги і ризики запровадження компетентнісного підходу в шкільній освіті. *Український педагогічний журнал*. 2015. №1. С.47-69. URL: <https://uej.undip.org.ua/index.php/journal/article/view/40/18>
5. Білоконь С. В. Алексєєва Т. Г. *Drosophila melanogaster* як тест-система *in vivo* для виявлення генотоксичної дії потенційно-небезпечних препаратів та речовин : методичні вказівки до розділу великого спеціального практикуму. Одеса : Одес. нац. ун-т імені І. І. Мечникова, 2020. 32 с.
6. Боднар А. Я., Макаренко, Н. Г. Шляхи формування пізнавального інтересу особистості в процесі професійного самовизначення. *Наукові записки НвУКМА. Педагогічні, психологічні науки та соціальна робота*, 162, 2014 р. С. 32–38.
URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b72dda80-410d-44f2-aca7-f023178801f9/content>
7. Браславська О.В. Формування дослідницьких умінь школяра – основа сучасної природничої освіти. Збірник наукових праць Психолого-педагогічні проблеми сучасної школи. 2019. №1. С. 19 – 27.

8. Бровко С. Розвиток дослідницького інтересу учнів на уроках біології. *Рідна школа*. 2008. № 7–8. С. 54–56.
9. Вознюк О.В. Формування дослідницьких умінь та актуалізації дослідницьких здібностей у дітей та молоді. *Наукові записки Малої академії наук України. Серія «Педагогічні науки»*. Вип. 2. 2012. С. 50–62.
https://eprints.zu.edu.ua/26533/1/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D1%8E%D0%BA_%D0%9C%D0%90%D0%9D_%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%8F_.PDF
10. Головань М.С., Яценко, В.В. Сутність та зміст поняття «дослідницька компетентність». Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі: Збірник наукових праць. НМетАУ, VII, 2012р. С.55 – 62
 URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/bc2e6579-1293-4c44-b059-3b243fefce69/content>
11. Грицай Н. Б. Методика навчання біології : навчальний посібник. Рівне : ТЗОВ «Дока центр», 2016. 272 с.
12. Грицай Н.Б. Дослідницько-орієнтоване навчання біології в сучасній загальноосвітній школі. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. № 4 (68). 2017. С. 177–189.
 URL: <https://repository.sspu.edu.ua/handle/123456789/4460>
13. Горбулінська, С., Боднар, Л. Активізація пізнавальної діяльності учнів на уроках біології у загальноосвітній середній школі. *Психолого-педагогічні проблеми сучасної школи*. 2021. (1), С. 41–49.
 URL: <https://doi.org/10.31499/2706-6258.1.2019.178122>
14. Дзюба Н. Організація проведення пошукової та науково-дослідної роботи. Організація навчально-виховного процесу у ВНЗ I-II рівня акредитації. Вип. Х. Немішаєве: НМЦ. 2007р. С.57– 68.
15. Генетика: підручник /А. В. Сиволоб, С. Р. Рушковський, С. С. Кир'яченко та ін. / за ред. А. В. Сиволоба. Київ : Вид.-поліграф. центр “Київський ун-т”, 2008. 320 с.

16. Задорожний К. М. Дослідницька та проєктна діяльність під час вивчення біології. Харків: Видавнича група «Основа», 2008. 143 с.
17. Закон України «Про інноваційну діяльність». Відомості Верховної Ради України. 2002. № 36. С. 266.
18. Клепач Г. Генетика з основами селекції : методичні рекомендації до проведення лабораторних робіт [для здобувачів бакалаврського та магістерського рівнів вищої освіти біологічних спеціальностей]. Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2022. 68 с.
19. Концепція «Нова українська школа» (2016).
<https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>
20. Крижановська М. А Генетичний аналіз на *Drosophila melanogaster*. Зошит для індивідуальної науково-дослідної роботи: методичні рекомендації. Тернопіль: вид-во ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, 2016. 41 с.
21. Крижановська М., Бевсюк Ю., Дудка В. Застосування генетичного експерименту під час вивчення курсу «Генетика з основами селекції». Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії. Біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи: матер. між нар. наук.-практ. конф. (Тернопіль, 20-21 трав. 2019 р.), Тернопіль: Вектор, 2019. С. 83-86.
22. Логвіна-Бик Т. А., Бик Н. В. Викладання біології в Новій українській школі. *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. 20 травня 2021 р., м. Тернопіль. С. 169–172.*
URL: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/19245/1/53_Lohvina-Byk_Byk.pdf
23. Матяш Н.Ю., Коршевніук Т.В., Рибалко Л.М., Козленко О.Г Навчання біології учнів основної школи. Методичний посібник. Київ: КОНВІ ПРІНТ, 2019. 208 с.

URL: https://undip.org.ua/wp-content/uploads/2021/07/biol_2019.pdf

24. Міщук Н., Жирська Г., Дем'янчук І. Календарно-тематичне планування. Біологія. 7-9 класи. Біологія і екологія. 10-11 класи. Тернопіль : Підручники і посібники, 2024. 132 с.
25. Неведомська Є. Організація навчального експерименту в природничій освіті. *Біологія і хімія в школі*. 2008. № 5-6. С. 10 - 12.
26. Нечипуренко П. П. Система дослідницьких компетентностей учнів старшої школи у профільному навчанні хімії. *Вісник Черкаського університету. Серія: Педагогічні науки*. 2016. №7. С. 83–90. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/166143/1/NechCh16.pdf>
27. Нечипуренко П. П. Інформаційно-комунікаційні технології як засіб формування дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні хімії: автореф. дис. ... кандидата пед. наук : 13.00.10. Луганський національний університет імені Тараса Шевченка. Старобільськ, 2017. 24 с.
URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/709603/1/Autoref_Nechypurenko.pdf
28. Нікітченко Л. Біологічний експеримент у теорії і методиці шкільної біологічної освіти. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук*, 2023. №4. С. 29-36. URL: <https://intranet.vspu.edu.ua/naturalscience/index.php/journal/article/view/30/24>
29. Нікітченко Л.О. Вітчизняний та зарубіжний досвід підготовки майбутніх учителів біології до організації дослідницької діяльності. *Проблеми підготовки сучасного вчителя*. 2024. Вип 1(29). С. 16-24 URL: [https://doi.org/10.31499/2307-4914.1\(29\).2024.305080](https://doi.org/10.31499/2307-4914.1(29).2024.305080)
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*. Вінниця: ВДПУ, 2024. No 6. С. 24-33 URL: <https://intranet.vspu.edu.ua/naturalscience/index.php/journal/article/view/63/56>

31. Нікітченко Л.О. Компоненти та рівні готовності вчителів до використання біологічного експерименту на уроках біології. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук*. Вінниця: ВДПУ, 2023. № 5. С. 74-81. URL:
<https://intranet.vspu.edu.ua/naturalscience/index.php/journal/article/view/56/49>
32. Нікітченко Л.О. Науковий гурток як засіб формування дослідницьких умінь майбутніх учителів біології. *Освіта. Інноватика. Практика*, 12(2), 2024. С. 53–59.
URL: <https://oip-journal.org/index.php/oip/article/view/309/205>
33. Нікітченко Л.О. Методична підготовка майбутніх учителів біології до організації дослідницької діяльності учнів. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*, (2024). 72, С. 144-153.
<https://vspu.net/sit/index.php/sit/article/view/5644/5072>
34. Нікітченко Л.О. Психолого-педагогічні основи формування дослідницьких умінь учнів у процесі вивчення природничих дисциплін. Актуальні питання сучасної біологічної науки та методики її викладання. URL:
<https://library.vspu.net/jspui/bitstream/123456789/5063/1/Нікітченко-132-142.pdf>
35. Носко М., Мехед О. Науково-дослідницька робота студентів як складова частина підготовки до соціально-педагогічної діяльності. *Наука і освіта*. 2022. №2. 39-43. DOI: <https://doi.org/10.24195/2414-4665-2022-2-6>
36. Сидорович М. М. Теоретичні знання в змісті шкільного курсу біології. Монографія . Херсон : Видавництво ХДУ, 2008. 404 с.
37. Козерецька І. А., Жук О.В., Серга С. В., Демидов С.В. Генетика дрозофіли. Великий практикум. Київ : Фітосоціоцентр, 2011. 28 с. URL:
https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/Genetika/Biblioteka/Genetika_drozofily_Praktikum.pdf

38. Скакун О. В., Прядка А. С., Твердохліб О. В. Практична спрямованість на уроках біології в старшій школі. *Харківський природничий форум: V Міжнар. конф. Молодих учених*, Харків, 19–20 трав. 2022 р. Харків, 2022. С. 86–88. URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/11196>
39. Тоцький В.М. Генетика : підручник : вид. 3-ге, випр. та доп. Одеса : Астропринт, 2008. 320 с.
40. Тюпіна Н. В., Мехед О. Б. Особливості проведення шкільного експерименту з біології в контексті НУШ. Електронний збірник наукових праць ЗОІППО № 3(58) 2024. URL: https://drive.google.com/file/d/1PDWosIx5_WYVz8NQWUH_Y1RJlluzl-9F/view
41. Чепрасова О.В. Формування дослідницьких умінь в учнів старших класів. URL: https://virtkafedra.ucoz.ua/el_gurnal/pages/vyp12/cheprasova.pdf
42. Шамрай С.М., Задорожний К.М. Біологічні експерименти в школі Х. : Вид. група «Основа», 2003. 96 с.
43. Шамрай С.М., Задорожний К.М. Біологічні дослідження. Планування і проведення. Х.: Вид. група «Основа», 2010. 111 с. URL: <https://mycology.univer.kharkov.ua/wp-content/uploads/2017/04/SHamraj-and-Zadorozhnyj-2010-Biologichni-doslidzhennya.-Planuvannya-i-provedennya.pdf>
44. Ягенська Г.В., Степанюк А.В. Формування дослідницьких умінь школярів у галузі природничих наук (друга половина XX – початок XXI століття): монографія. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2021. 282 с.
45. Яночкіна Х.В. Формування дослідницької компетентності на уроках біології. *Шлях у науку: перші кроки*: Матеріали II Всеукраїнської конференції. (6 квітня 2023 р., м. Тернопіль). Тернопіль: ФОП Осадца Ю.В., 2023. С. 175–177.
46. Almeida S. Involving School Children in the Establishment of a of an Urban Green Space Long-Term Plant Biodiversity Study. *The American Biology Teacher*. 2006. Vol. 68. P. 213-220.

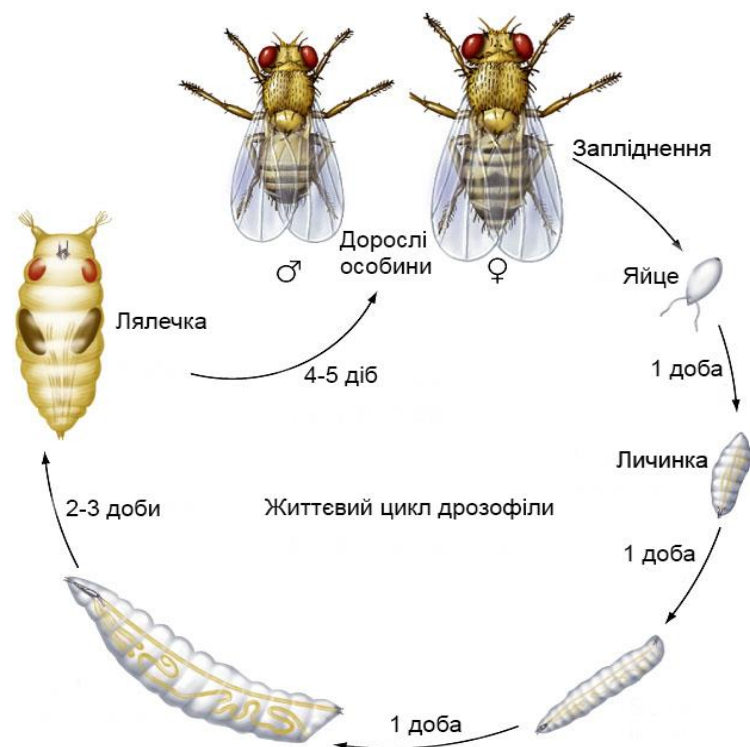
47. Childs P. E. Improving Chemical Education: Turning Research into Effective Practice. Education Research and Practice. 2009. Vol. 10, № 3. P. 189-203.
DOI: 10.1039/b914496j
48. Drosophila Species Stock Center (<https://stockcenter.ucsd.edu/info/welcome.php>).
49. Drosophila. Methods and protocols/ Ed. by Christian Dahmann. - Humana Press, 2008. – 437 p.
50. Hartwell, L. H., Hood, L., Goldberg, M. L., Reynolds, A. E., Silver, L. M., Veres, R. C. *Drosophila melanogaster*: genetic portrait of the fruit fly. In: Genetics from Genes to Genomes 2nd edition. 2004. pp. 813–838
51. Julien H., Barker S. How high-school students find and evaluate scientific information: A basis for information literacy skills development. Library & Information Science Research, 2009. URL: <http://www.uofaweb.ualberta.ca/cmaste/pdfs/JulienandBarker.pdf>
52. Staver J. R. Teaching science. International Academy of Education. Brussels, Belgium, 2007. URL: www.ibe.unesco.org/.../Practice_17.pdf.
53. Szedzianis E. Aktywność badawcza uczniów w edukacji biologicznej w szkole ponadpodstawowej. Warsaw. 2017. 33p.
https://katalog.ubb.edu.pl/integro/573000403203/szedzianis-elzbieta/aktywizacja-nauczania-i-pomiar-dydaktyczny-w-edukacji-przyrodniczej-w-klasach-iv-viii-szkoly?bibFilter=57&polFilter=bib057_gr1&_lang=en
54. Wurgler F.E., Graf U. Mutagenicity testing with *Drosophila melanogaster* // Basic and applied mutagenesis. 1985. V. 5. P. 343-377.
55. Wurgler F.E., Frei H., Graf U. Mutagen-Sensitive Mutants and Chemical Mutagenesis in *Drosophila* // Chemical Mutagens/ Ed. DeSerres F. J. N. Y.: Plenum Press, 1986. V. 10. P. 381-416.
URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-76805-7_5

ДОДАТКИ

Додаток А
Статевий диморфізм *Drosophila melanogaster*



Додаток Б
Цикл розвитку *Drosophila melanogaster*



Додаток В
Склад поживного середовища для утримання *Drosophila melanogaster*

№	компонент	кількість
1	Вода	0,5 л
2	Агар-агар	8 гр
3	Дріжджі	35 гр
4	Родзинки	16 гр
5	Манна крупа	15 гр
6	Цукор	15 гр

Додаток Г

Характеристика найбільш розповсюджених мутантів *D. melanogaster*

Лінія	Ген	Локалізація		Фенотип	Застосування
		хром	локус		
Домінантні мутації					
Bar (Бар)	B	I	57,0	Смушкоподібні очі	Успадкування ознак зчеплених зі статтю
Delta (Дельта)	Dl	III	66,2	Жилки на кінцях потовщені, гомозиготи летальні	Успадкування летального гена в аутосомах
Curly (Кьолі)	Cy	II	8,5	Крила загнуті вгору, гомозиготи летальні	Успадкування летального гена в аутосомах
Lobe (Лоуб)	L	II	72,0	Очі зменшені, з вирізкою на передньому краї	Моногібридне схрещування, епістаз
Рецесивні мутації					
black (блек)	b	II	48,5	Чорний, тіло, ніжки, жилки дуже темні	Моно-, дигібридне схрещування, комплементарність
curled (кьолд)	cu	II	50,0	Загнуті крила. Темне тіло	Дигібридне схрещування
ebony (ебоні)	e	III	70,7	Глибоко чорний колір тіла	Моно-, дигібрид не схрещування, комплементарність
eyeless (айллес)	ey	IV	2,0	Редуковані очі	епістаз
vestigial (вестіджел)	vg	II	67,0	Редуковані крила	Моно-, дигібрид не схрещування
white (уайт)	w	I	1,5	Білоокі; вічка, мальгагієві судини і сім'яники без кольору	Успадкування ознак зчеплених зі статтю, множинний алелізм
yellow (еллоу)	y	I	0,0	Жовтий колір тіла; ротовий апарат коричневий	Успадкування ознак зчеплених зі статтю
black- vestigial	bvg	II		Чорний колір тіла, зачаткові крила	Зчеплене успадкування, кросинговер
black- cinnabar- vestigial	bcnvg	II		Чорний колір тіла, яскравий колір очей, зачаткові крила	Зчеплене успадкування, кросинговер

Додаток Д

Біологія *Drosophila melanogaster*. Техніка утримання дрозофіли в лабораторних умовах

Мета заняття: ознайомитись з біологічними і морфологічними особливостями дрозофіли, особливістю та тривалістю різних стадій життєвого циклу.

Матеріали і обладнання: пробірки з мухами дрозофілами (дикий тип), ручні лупи, пензлик, білий папір.

Завдання 1. Ознайомлення з будовою *Drosophila melanogaster* дикого типу.

У пробірці розглянути мух дрозофіл дикого типу. Користуючись лупою з'ясувати форму і колір очей, будову та форму крил, колір тіла і ніжок. Основні ознаки дикого типу дрозофіли записати у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

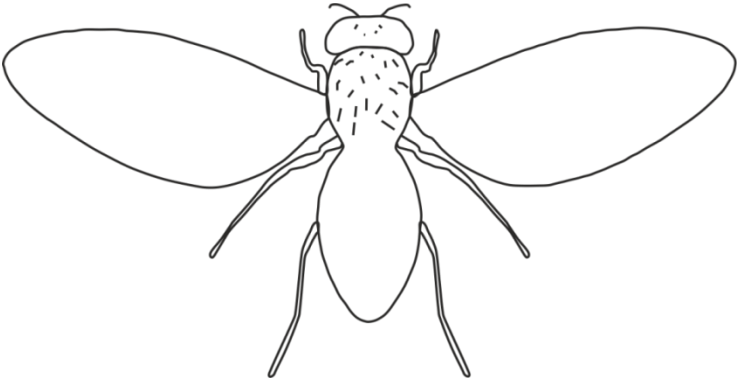
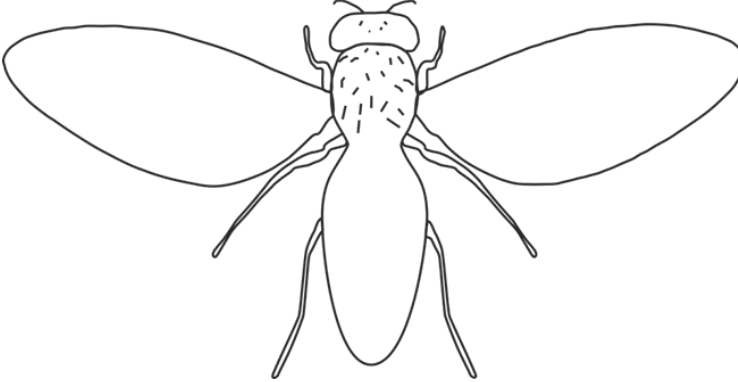
№	Ознака	Характеристика
1	Форма очей	
2	Колір очей	
3	Будова та форма крил	
4	Забарвлення тіла	
5	Колір ніжок	

Завдання 2. Вивчення відмінностей в будові тіла самки і самця мухи

Провести наркотизацію мух дрозофіл дикого типу. Наркотизовані мухи за допомогою пензлика протягом 2-3 хвилин розділити на самок і самців, підраховуючи їх кількість. Вивчити відмінності у будові тіла самки і самця мухи дрозофіли, звертаючи при цьому увагу на величину черевця, форму його кінця, пігментацію. Записати основні зовнішні відмінності самки і самця, схематично замалювати будову тіла (таблиця 2).

Таблиця 2

Стать	Характеристика	
	Кількість	
	Розмір тіла	
	Форма черевця	

	Пігментація кінця черевця	
	Кількість	
	Розмір тіла	
	Форма черевця	
	Пігментація кінця черевця	
	Кількість	
	Розмір тіла	
	Форма черевця	

Завдання 3. Вивчення основних стадій розвитку дрозофіли

Розглянути пробірку з лінією дикого типу. Простежити за поведінкою дорослих особин. На поверхні середовища знайти яйце. У товщі поживного середовища розглянути личинки, звернути увагу на їх місце розташування, поведінку, розмір, будову, передній та задній кінці. На стінках пробірки розглянути стадію перед лялькуванням. Відмітити її відмінність від лялечки. Знайти лялечку та розглянути її забарвлення, розмір, поведінку. За допомогою скальпеля зняти зі стінок пробірки лялечку дрозофіли і розглянути її під лупою.

Схематично намалювати стадії розвитку дрозофіли. Підпишіть відповідні стадії, вказати їх тривалість.

По завершенню роботи зробити висновок.

Додаток Ж

Порівняльна характеристика мутантів

Мета заняття: ознайомитись з основними мутантними лініями дрозофіли, які будуть використовуватися для проведення генетичного аналізу. З'ясувати характер успадкування окремих ознак у мутантних форм дрозофіли та місця локалізації генів, які їх детермінують у хромосомі.

Матеріали і обладнання: Пробірки з мутаціями дрозофіли, ручні лупи, таблиця з основними мутаціями дрозофіли.

Завдання 1. Вивчення мутантних ліній дрозофіл

Одержати пробірки з різними мутантними лініями *Drosophila melanogaster*. За допомогою лупи розглянути представників кожної лінії. Звернути увагу на відмінності у кольорі та будові очей, тіла, крил. Ознайомитись зі списком найбільш розповсюджених мутантних ліній дрозофіли.

На основі результатів вивчення відмінностей заповнити таблицю 3.

Таблиця 3

Назва лінії	Символ	Фенотиповий прояв	Локалізація у хромосомі
<i>Мутації за кольором тіла</i>			
<i>black</i>			
<i>ebony</i>			
<i>yellow</i>			
<i>Мутації за кольором та формою очей</i>			
<i>cinnabar</i>			
<i>sepia</i>			
<i>white</i>			
<i>white-apricote</i>			
<i>Bar</i>			
<i>Мутації за формою крил</i>			
<i>cut</i>			
<i>vestigial</i>			
<i>Curly</i>			

По завершенню роботи зробити висновок.

Додаток 3

Генетичний аналіз моногібридного схрещування *Drosophila melanogaster*

Мета заняття: оволодіння методикою постановки дослідів по схрещуванню дрозофіл, закріплення знань загальних закономірностей успадкування ознак за моногібридного схрещування.

Матеріали і обладнання: Пробірки з мухами дикого типу та відповідними мутантними лініями, які залучені для схрещування, пробірки з поживним середовищем, ефізатор, ефір, вата, пензлики, ручні лупи, білий папір, термостат.

Завдання 1. Складання схеми схрещування досліді №1 та закладання наукового дослідження на F₁

До схрещування залучаються батьківських особин, які відрізняються за формою крил. Ген, який детермінує мутацію *vestigial*, локалізований в аутосомі. У відповідності з підбраною комбінацією скласти генетичні схеми реципрокних схрещувань для закладання дослідження.

Дрозофіла

Форма крила

A – нормальні крила

a – зачаткові крила

Пряме
(пробірка 1.1)

Обернене
(пробірка 1.2)

P ♀ *Normal* x ♂ *vestigial*

P ♀ *vestigial* x ♂ *Normal*

P ♀ x ♂

P ♀ x ♂

гам

гам

F₁

F₁

Гібриди першого покоління мають.....

Спостерігається Закон.....

У другому поколінні успадковування ознак буде відбуватись:

P ♀ x ♂

P ♀ x ♂

гам

гам

F₂

F₂

Гібриди другого покоління мають.....

Розщеплення за фенотипом.....

Спостерігається Закон.....

Користуючись загальними правилами та прийомами роботи з дрозофілою, почергово наркотизувати мух обох ліній. У **пробірку 1.1**, тримаючи її горизонтально, поміщають 2 самки та 2-3 самці відповідно до прямого реципрокного схрещування. Мух кладуть на стінку пробірки, щоб вони не приклеїлися до середовища. Пробірки ретельно закорковуються ватним корком. Пробірки підписують і залишають у горизонтальному положенні доти, поки мухи не прокинуться від наркозу. Аналогічну роботу проводять і з **пробіркою 1.2**, пам'ятаючи напрямок схрещування.

ПРОТОКОЛ ДОСЛІДУ №1

Таблиця 4

Дата	№ пробірки	Батьки (схема схрещування)	Аналіз нащадків		
			всього	з них	
				нормальні крила	редуковані крила
	1.1	♀ <i>N</i> x ♂ <i>vg</i>			
	1.1				
	1.1	Аналіз F ₁			
	1.1	♀ F ₁ x ♂ F ₁			
	1.1				
	1.1	Аналіз F ₂			
	1.2	♀ <i>vg</i> x ♂ <i>N</i>			
	1.2				
	1.2	Аналіз F ₁			
	1.2	♀ F ₁ x ♂ F ₁			
	1.2				
	1.2	Аналіз F ₂			

При появі перших лялечок (через тиждень після схрещування) батьківські форми треба вилучити з пробірок. Для цього перевертають пробірку і, постукуючи пальцями по стінці пробірки, витрушують мух у морилку зі спиртом.

Завдання 2. Складання схеми схрещування дослідів №2 та закладання наукового дослідження на F₁.

Для вивчення зчепленого зі статтю успадкування до схрещування залучають батьківських особин які відрізняються забарвленням очей. Ген, який детермінує мутацію *white*, локалізований в X-хромосомі. У відповідності з підбіраною комбінацією скласти генетичні схеми реципрокних схрещувань для закладання дослідження

Дрозофіла

Забарвлення очей

A – червоні очі*a* – білі очі

Пряме

(пробірка 2.1)

P ♀ *Normal* x ♂ *white*

P ♀ x ♂

*гам*F₁

.....

.....

.....

Обернене

(пробірка 2.2)

P ♀ *white* x ♂ *Normal*

P ♀ x ♂

*гам*F₁

.....

.....

.....

У другому поколінні успадковування ознак буде відбуватись:

P ♀ x ♂

*гам*F₂

P ♀ x ♂

*гам*F₂

.....

.....

.....

Закладання наукового дослідження проводиться аналогічно до дослідження №1. (пробірка 2.1 – пряме, пробіркою 2.2 – обернене). Пробірки з мухами утримують у теплому місці.

ПРОТОКОЛ ДОСЛІДУ №2

Таблиця 5

Дата	№ пробірки	Батьки (схема схрещування)	Аналіз нащадків		
			всього	з них	
				червоні очі	білі очі
1	2	3	4	5	6
	2.1	♀ <i>N</i> x ♂ <i>w</i>			
	2.1				
	2.1	F₁			

	2.1	♀ F ₁ x ♂ F ₁			
	2.1				
	2.1	F ₂			
	2.2	♀ w x ♂ N			
	2.2				
	2.2	F ₁			
	2.2	♀ F ₁ x ♂ F ₁			
	2.2				
	2.2	F ₂			

Завдання 3. Аналіз гібридного покоління F₁ та закладання наукового дослідження на F₂ досліду №1 та досліду №2.

Для одержання гібридів другого покоління слід схрестити гібридних мух F₁ між собою у кожній комбінації схрещування. Для цього серед гібридних мух з пробірок 1.1, 1.2, 2.1 та 2.2 відібрати по 2-3 самки та 3-4 самці і помістити їх у пробірки зі свіжим поживним середовищем. Пробірки підписують (нумерація пробірок залишається попередньою).

Через тиждень після проведення схрещувань з усіх дослідних пробірок вилучити батьківські форми.

Через 2 тижні після схрещування переглянути всіх мух другого покоління. Їх пересипати в ефізатор, наркотизувати та проаналізувати за ознакою форми крила у різних варіантах дослідів (досліду №1) та за ознакою забарвлення очей (досліду №2). Підрахувати кількість мух дикого типу та мутантів. Одержані статистичні дані записати у відповідні протоколи досліду №1 та досліду №2.

Додаток I

Вивчення статистичних закономірностей розщеплення моногібридного схрещування на *Drosophila melanogaster*

Мета заняття: Ознайомитися з методом визначення критерію відповідності χ^2 -квадрат. Навчитися обчислювати χ^2 та встановлювати статистичну достовірність розщеплення моногібридного схрещування.

Матеріали і обладнання: протокол дослідження дослідів №1 та №2, калькулятор.

У біологічних дослідах відхилення до 5% вважаються випадковим, розходження, що перевищують 5%, домовились вважати не випадковим, а результат недостовірним. Величину відхилення знаходять за допомогою методу χ^2 (хі-квадрат) Пірсона-Фішера:

$$\chi^2 = \sum \frac{(p-q)^2}{q}$$

де p – фактичний матеріал,

q – теоретично очікуваний результат.

Завдання 1. Статистична обробка гібридів F_2 дослідів № 1.

Одержані експериментальні дані з протоколу дослідів №1 занести у таблицю 7 з подальшим обчисленням.

Пряме схрещування ♀N x ♂vg

Таблиця 6 (1.1).

Фенотипові класи	Очікуване співвідношення	Одержаний результат p	Теоретично очікуваний результат q	$(p - q)$	$(p - q)^2$	$\frac{(p - q)^2}{q}$
Загнуті крила						
Прямі крила						
Сума						$\chi^2 =$

Обернене схрещування ♀vg x ♂N

Таблиця 6 (1.2).

Фенотипові класи	Очікуване співвідношення	Одержаний результат p	Теоретично очікуваний результат q	$(p - q)$	$(p - q)^2$	$\frac{(p - q)^2}{q}$
Загнуті крила						
Прямі крила						
Сума						$\chi^2 =$

Щоб зробити правильний висновок про випадковість чи закономірність відхилення необхідно знайти ймовірність відхилення (P). Для цього треба розрахувати два показники: χ^2 -квадрат (χ^2) і ступінь вільності (ν). Ступінь вільності (ν) дорівнює $\nu = n - 1$, де n – кількість фенотипових класів.

Далі одержані значення χ^2 співставляють із стандартним табличним показником Фішера з урахуванням ступеня вільності.

Завдання 2. Статистична обробка гібридів F_2 досліді № 2.

Одержані експериментальні дані з протоколу досліді №2 занести у таблицю 8 з подальшим обчисленням.

Пряме схрещування ♀ N x ♂ w

Таблиця 7 (2.1).

Фенотипові класи	Очікуване співвідношення	Одержаний результат p	Теоретично очікуваний результат q	$(p - q)$	$(p - q)^2$	$\frac{(p - q)^2}{q}$
♀♀ червоноокі						
♂♂ червоноокі						
♀♀ білоокі						
♂♂ білоокі						
Сума						$\chi^2 =$

Обернене схрещування ♀ w x ♂ N

Таблиця 7 (2.1).

Фенотипові класи	Очікуване співвідношення	Одержаний результат p	Теоретично очікуваний результат q	$(p - q)$	$(p - q)^2$	$\frac{(p - q)^2}{q}$
♀♀ червоноокі						
♂♂ червоноокі						
♀♀ білоокі						
♂♂ білоокі						
Сума						$\chi^2 =$

Стандартні значення χ^2 при різних рівнях вірогідності (Пірсона-Фішера)

Ступінь вільності	Ймовірність (P)						
	0,99	0,95	0,80	0,50	0,20	0,05	0,01
1	0,000157	0,0393	0,0642	0,455	1,642	3,841	6,635
2	0,101	0,103	0,446	1,386	3,219	5,991	9,210
3	0,115	0,352	1,005	2,366	4,642	7,815	11,341
4	0,297	0,711	1,649	3,357	5,989	9,488	13,277
5	0,554	1,145	2,343	4,351	7,289	11,070	15,086
6	0,872	1,635	3,070	5,348	8,558	12,592	16,812
7	1,239	2,167	3,822	6,346	9,803	14,067	18,475
8	1,646	2,733	4,594	7,344	11,030	15,507	20,090
9	2,088	3,325	5,380	8,343	12,242	16,919	21,666
10	2,558	3,940	6,179	9,342	13,442	18,307	23,209

По завершенню біологічного експерименту зробити висновок що до успадкування ознак за прямого та оберненого схрещувань та відповідності фактично одержаних результатів дослідження до теоретично очікуваних.