

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

Хіміко-біологічний факультет
Кафедра ботаніки та зоології

Кваліфікаційна робота

на тему:

**«ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ
ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ З ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ
ФОТОСИНТЕЗУ»**

Спеціальність: 014.05 Середня освіта

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

Здобувачки другого (магістерського)
рівня вищої освіти, ОПП «Середня освіта
(Біологія та здоров'я людини, хімія)»
Акопджанян Анастасії Владиславівни

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:

доктор сільськогосподарських наук, професор,
Пида Світлана Василівна

РЕЦЕНЗЕНТ:

методист відділення хімії та біології
Тернопільського обласного комунально-
територіального відділення МАН України
Дідушицька Богданна Станіславівна

Робота захищена з оцінкою:

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Тернопіль – 2025 р.

Анотація

Акопджанян А. В. Організація дослідницької діяльності здобувачів загальної середньої освіти з вивчення процесів фотосинтезу / Акопджанян Анастасія Владиславівна; ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, хіміко-біологічний факультет, кафедра ботаніки та зоології; наук. керівник Пида С. В. – Тернопіль, 2025. – 61 с.

У роботі обґрунтовано особливості дослідницької діяльності учнів закладів загальної середньої освіти під час вивчення біології, спрямованої на дослідження процесу фотосинтезу та визначення впливу органо-мінеральних добрив на його параметри.

Встановлено, що застосування рекультиванту композиційного ТРЕВІТАН® для передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення рослин нуту звичайного сортів Скарб та Ярина сприяє підвищенню вмісту хлорофілів а і b у мезофілі листків та збільшенню їх сумарної кількості впродовж онтогенезу. Найбільший уміст хлорофілів у листках рослин виявлено у фазі зеленого бобу.

Проаналізовано навчальні програми з біології та екології, обґрунтовано роль дослідницької діяльності в умовах Нової української школи та розроблено навчальні дослідження для визначення фотосинтетичних пігментів у листках рослин. Результати анкетування учнів підтвердили ефективність залучення школярів до дослідницької роботи під час вивчення фотосинтезу.

Ключові слова: дослідницька діяльність, навчання, біологія, фотосинтез, органо-мінеральні добрива, рекультивант композиційний ТРЕВІТАН®, пігменти, нут звичайний.

Abstract

Akopdzhanian A.V. Organization of Research Activities on Photosynthesis for Comprehensive Secondary School Students / Akopdzhanian Anastasiia Vladyslavivna; Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Faculty of Chemistry and Biology, Department of Botany and Zoology; supervisor of scientific work Pyda S. V. – Ternopil, 2025. – 61 p.

The paper substantiates the features of research activities of students of secondary education institutions during the study of biology, aimed at studying the process of photosynthesis and determining the influence of organo-mineral fertilizers on its parameters.

It was established that the use of the composite recultivator TREVITAN® for pre-sowing seed treatment and foliar feeding of common chickpea plants of the Skarb and Yaryna varieties contributes to an increase in the content of chlorophylls a and b in the mesophyll of leaves and an increase in their total number during ontogenesis. The highest content of chlorophylls in plant leaves was found in the green bean phase.

The curriculum in biology and ecology was analyzed, the role of research activities in the conditions of the New Ukrainian School was substantiated, and educational experiments were developed to determine photosynthetic pigments in plant leaves. The results of the student questionnaire confirmed the effectiveness of involving schoolchildren in research work during the study of photosynthesis.

Keywords : research activities, education, biology, photosynthesis, organo-mineral fertilizers, composite recultivant TREVITAN®, pigments, common chickpea.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У ПОСІВАХ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН ЗА ПОКАЗНИКАМИ ПРОЦЕСУ ФОТОСИНТЕЗУ У РОСЛИН.....	10
1.1. Загальна характеристика сучасних органо-мінеральних добрив та їх вплив на процеси фотосинтезу.....	10
1.2. Матеріали дослідження.....	16
1.2.1. Характеристика сортів Скарб і Ярина нуту звичайно.....	16
1.2.2. Рекультивант композиційний ТРЕВІТАН® – препарат біологічного походження.....	21
1.3 Методи дослідження.....	24
1.3.1. Схема польового досліджу.....	24
1.3.2. Спектрофотометричний метод визначення пігментів.....	25
1.3.3. Статистичні методи.....	26
1.4. Вплив рекультиванту композиційного ТРЕВІТАН® на накопичення фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного	27
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДНИЦЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ЗДОБУВАЧІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ ЯК НЕВІД’ЄМНА СКЛАДОВА БІОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ.....	33
2.1. Роль і можливості дослідницької діяльності під час вивчення біології у Новій українській школі.....	33
2.2. Вивчення фотосинтезу в школі (аналіз навчальної програми рівень стандарту і профільний рівень).....	34
2.3. Місце дослідницької діяльності під час уроків біології у контексті STEM-освіти	36
2.4. Проектна діяльність як формування наукового мислення та дослідницьких навичок у школярів під час вивчення фотосинтезу.....	36

ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
ДОДАТКИ.....	59

ВСТУП

Актуальність проблеми. У сучасних школах дослідницька діяльність посідає важливе місце, адже саме вона допомагає у формуванні наукового мислення та дослідницьких умінь у учнів, а також дає змогу застосувати та закріпити отримані знання на практиці. Самостійний аналіз конкретних явищ або процесів стимулює вироблення дослідницьких умінь та наукового мислення. Учні навчаються збирати, аналізувати та обробляти інформацію, знаходити нестандартні шляхи вирішення поставлених завдань, планувати і проводити відповідні експерименти, що розвивають їх ерудицію. Роль вчителя під час пошукової діяльності учнів полягає в спостереженні за процесом та за потреби коригування їх дій [41].

Важливо приділяти увагу не лише теоретичним знанням учнів, але й формувати у них наукове мислення (спостереження, аналіз, порівняння, висунення гіпотез, формування висновків, підтвердження теорій). Найефективніше наукове мислення формується в учнів на уроках біології під час вивчення різноманітних явищ та процесів, зокрема фотосинтезу у рослин.

Фотосинтез є основним фізіологічним процесом рослин. На інтенсивність фотосинтезу у рослинах впливає вміст хлорофілів та каротиноїдів у мезофілії листків, адже вони виконують основну функцію у фотохімічних реакціях, пов'язаних з утворенням органічних речовин, що необхідні для росту та розвитку культур [17].

Формування продуктивності сільськогосподарських культур суттєво залежить від фотосинтезу, тому дослідження фотосинтетичного процесу, його механізмів та факторів, що впливають на його інтенсивність є дуже важливим [17]. Одним з ключових факторів, що регулює фотосинтез є мінеральне живлення. Для найкращих результатів продуктивності рослин необхідно поєднати мінеральне живлення, фотосинтез, ріст та розвиток культурних рослин [31].

Для покращення мінерального живлення доцільно застосовувати екологічно безпечні препарати, що мають біологічне походження. За

рекомендаціями Європейського союзу необхідно збалансовано використовувати мінеральні добрива і засоби для захисту рослин або використовувати лише природні матеріали. Рекультивант композиційний ТРЕВІТАН® (РКТ) є сучасним препаратом органічного походження, який можна використовувати для обробки ґрунту, насіння та позакореневого підживлення культур [18]. Важливо зазначити, що цей препарат має значний вплив на рослини, зокрема на накопичення фотосинтетичних пігментів [12]. Особливий інтерес викликає вивчення специфіки накопичення пігментів у листках різних сортів нуту звичайного за використання органо-мінеральних добрив.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи було обґрунтувати особливості дослідницької діяльності учнів середньої школи, спрямованої на вивчення процесу фотосинтезу та визначення впливу органо-мінеральних добрив на його параметри.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити **наступні завдання:**

- дослідити ефективність застосування рекультиванту композиційного ТРЕВІТАН® у посівах нуту звичайного сортів Скарб та Ярина за показниками вмісту хлорофілів і каротиноїдів у листках рослин;
- з'ясувати роль і можливості дослідницької діяльності під час вивчення біології у Новій українській школі;
- проаналізувати навчальні програми для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти рівень стандарту і профільний рівень з вивчення фотосинтезу в школі;
- розробити та організувати проведення навчальних дослідів, які спрямовані на визначення вмісту пігментів у листках, інтенсивності фотосинтезу за впливу органо-мінеральних добрив;
- розробити анкету, провести анкетування і оцінити ефективність залучення учнів до дослідницької діяльності у формуванні знань про фотосинтез.

Об’єкт досліджень: дослідницька діяльність школярів під час вивчення біології.

Предмет дослідження: методи, умови та організація дослідницької діяльності здобувачів загальної середньої освіти з вивчення процесу фотосинтезу за впливу органо-мінеральних добрив.

Методи дослідження: Для реалізації поставленої мети використано теоретичні (аналіз, узагальнення, абстрагування,) та емпіричні (анкетування, експеримент, порівняння) методи. Біологічні дослідження проводили в польових умовах – для встановлення накопичення пластидних пігментів у мезофілі листків за використання у технології вирощування нуту звичайного РКТ; математично-статистичний – для оцінки достовірності результатів експериментальних досліджень за коефіцієнтом Стюдента.

Базою дослідно-експериментальної роботи були лабораторія фізіології рослин і мікробіології кафедри ботаніки та зоології (лабораторні дослідження) та агробіолабораторія (польові дослідження) Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Дослідницьку діяльність школярів вивчали під час педагогічної практики у ITSTEP SCHOOL.

Практичне значення отриманих результатів. Матеріали магістерського дослідження можуть бути використанні в освітньому процесі в закладах загальної середньої освіти на уроках біології при вивченні фотосинтезу, а також для розробки проєкту. У роботі обґрунтовано методику формування дослідницької діяльності школярів у навчальному предметі «Біологія і екологія» при вивченні фотосинтезу на прикладі нуту звичайного сортів, Скарб, Ярина за застосування РКТ.

За результатами польових і лабораторних досліджень встановлено доцільність застосування РКТ у технології вирощування нуту звичайного сортів Ярина, Скарб за показниками накопичення хлорофілів та каротиноїдів у мезофілі листків рослин. Результати експериментальних досліджень мають практичне значення, оскільки запропоновані елементи технології підвищують інтенсивність фізіологічних процесів рослин нуту звичайного. Опрацьована

біологічна та методична наукова література поглиблює знання про методику формування дослідницької діяльності в освітньому процесі та ефективність застосування органо-мінеральних добрив у технології вирощування бобових рослин.

Апробація роботи. Результати біологічних досліджень, проведених у польових і лабораторних умовах та констатувального експерименту, що проведено в ITSTEP SCHOOL під час педагогічної практики обговорено на семінарських заняттях проблемної групи «Азотфіксація в агрофітоценозах» (2024-2025 рр.), Всеукраїнських науково-практичних конференціях «Litteris et Artibus: Нові Горизонти», Кременець, 2025, 2023 рр.

Публікації. За результатами досліджень, що представлені у магістерській роботі опубліковано 2 праці:

1. Акопджанян А., Пида С. Дослідницька діяльність як засіб розвитку наукового мислення школярів під час вивчення фотосинтезу. / *Litteris et Artibus: Нові горизонти* : збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. Випуск Х. Частина 2. Кременець : ВЦ КОГПА ім. Тараса Шевченка, 2025. С. 118-120.

2. Шуль Олександр, Піхота Наталія, Романюк Діана, Акопджанян Анастасія Вплив рекультиванту композиційного ТРЕВІТАН® на накопичення пігментів у листках *Cicer arietinum* L. / *Litteris et Artibus: Нові горизонти* : збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. Випуск VIII. Кременець : КОГПА ім. Тараса Шевченка, 2023. С.179-182.

Структура та об'єм роботи. Магістерська робота складається із вступу, 2-х розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Матеріал роботи викладений на 61 сторінці, ілюстрований 7 таблицями та 4 рисунками. Список цитованої літератури містить 51 джерело.

РОЗДІЛ 1

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У ПОСІВАХ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН ЗА ПОКАЗНИКАМИ ПРОЦЕСУ ФОТОСИНТЕЗУ У РОСЛИН

1.1. Загальна характеристика сучасних органо-мінеральних добрив та їх вплив на процеси фотосинтезу.

Характеристика органо-мінеральних добрив

Органо-мінеральні добрива збалансовано поєднують у собі компоненти органічних та мінеральних добрив. Органічна частина добрив зазвичай складається з перегною, компосту або торфу. Вона є природним джерелом амінокислот, ферментів та вітамінів, що покращують ґрунт, підвищують його вологостійкість та сприяють розвитку мікрофлори, що позитивно впливає на культурні рослини. Мінеральна частина добрив містить основні макроелементи, що потребує рослина – азот (N), фосфор (P) та калій (K), а також мікроелементи – залізо (Fe), купрум (Cu), цинк (Zn), бор (B) та магній (Mg). Ці елементи потрібні для побудови клітинних структур, утворення фотосинтезуючих пігментів, різноманітних білків та вуглеводів [9].

Поєднання органічної та мінеральної частин забезпечує рослину не лише джерелом живлення, але й поживними речовинами у доступних формах. Органічна частина затримує мінеральні елементи, щоб вони не вимивались з ґрунту, а мінеральна складова успішно задовільняє потреби культурних рослин на всіх етапах життя. Окрім того, органічна складова сприяє розвитку азотфіксуючих мікроорганізмів, які також беруть участь у живленні рослин. Завдяки цьому підвищується родючість ґрунту.

Використання органо-мінеральних добрив сприяє інтенсивному росту та розвитку кореневої системи, завдяки чому забезпечується краще всмоктування води та поживних речовин, підвищується витривалість рослин під час посухи, перепадів температури та інших стресових умов. У результаті застосування у технології вирощування органо-мінеральних добрив у рослин формуються більші листкові поверхні, активніше здійснюється фотосинтез і накопичується

більше органічних речовин, що позитивно впливає на врожайність та якість плодів [25].

Завдяки збалансованого складу сучасні органо-мінеральні добрива забезпечують не лише живлення, а й покращують фізіологічний стан рослин:

- поліпшують розвиток кореневої системи шляхом утворення нових додаткових коренів та кореневих волосків.
- Сприяють росту та розвитку надземної частини рослини за рахунок активного клітинного поділу і збалансованого розподілу поживних речовин.
- Потовщують стебла і збільшують листову поверхню.
- Активізують процес фотосинтезу, оскільки підвищують уміст хлорофілу, покращується засвоєння вуглекислого газу та накопичення органічних речовин.
- Покращують укорінення молодих саджанців при пересадці.
- Підвищують витривалість рослин до хвороб та несприятливих чинників – зміцнюють клітинні стінки та активують природні захисні механізми.
- Запобігають дефіциту азоту та мікроелементів у культурних рослинах.
- Запобігають хлорозу (пожовтіння листків), що виникає через нестачу заліза, магнію або марганцю [34].

Органо-мінеральні добрива класифікують за такими параметрами: вміст поживних речовин, спосіб виготовлення, співвідношення органічної та мінеральної частин. За цими ознаками можна визначити властивості добрив, ефективність та умови їх застосування.

1. За вмістом поживних речовин.

Класифікація ґрунтується на концентрації основних елементів живлення (азоту, фосфору, калію, магнію, мангану та ін.) у складі добрив):

- Висококонцентровані – частка поживних речовин складає понад 10%. Такі добрива мають чітко виражену дію, використовують їх у невеликих кількостях, підходять для швидкого збагачення рослин поживними речовинами та макроелементами.

- Середньо концентровані – у добривах міститься 5-10% поживних речовин. Це добриво є універсальним та застосовується для більшості культур, мають триваліший ефект.

- Низько концентровані – містять менше 5% поживних речовин. Такі добрива добре поліпшують ґрунт, сприяють накопиченню гумусу [9].

2. За способом виготовлення.

Технології виробництва органо-мінеральних відрізняються, що впливає на форму, тривалість дії та умови застосування.

- Компостові – це суміш органічних компонентів (компосту, гною та ін.) і мінеральних речовин, що спрямовані на поліпшення живлення рослин та покращення родючості ґрунту. Такі добрива можуть бути у вигляді вже готових сумішей або створюватись самостійно, шляхом додавання мінеральних добавок до компосту.

- Ферментовані – виготовлюються шляхом застосування процесів бродіння.

- Гранульовані – тверді добрива, що мають вигляд гранул, зручні для механізованого внесення. Вони забезпечують рівномірне живлення культур протягом усього вегетаційного періоду.

- Рідкі – мають вигляд розчину або суспензії. Частіше використовують для передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення під час вегетації [34].

3. За співвідношенням мінеральної та органічної частин.

Співвідношення впливає на характер дії добрив:

- $\frac{1}{2}$ – добриво має рівні частини органічних та мінеральних речовин.
- $\frac{1}{3}$ або $\frac{2}{3}$ переважає органічна або мінеральна частина. Для бідних на гумус ґрунтів використовують добрива з більшою органічною частиною. Для високопродуктивних рослин – з більшою мінеральною частиною.

Така класифікація за вмістом поживних речовин, способом виготовлення та співвідношенням частин дозволяє правильно підібрати добриво відповідно до умов та потреб.

Характеристика пластид

Пластиди – це органели, що знаходяться в клітинах рослин та водоростей, вони беруть участь у процесах фотосинтезу та накопичення поживних речовин і в інших біосинтетичних реакціях, що проходять у клітинах. Пластиди мають подвійну мембрану та мають у своєму складі кільцеву ДНК, що дозволяє їм самостійно синтезувати певну кількість білків й ділитись незважаючи на ядро клітини. У своєму складі пластиди містять різноманітні типи пігментів. Залежно від їх типу, змінюються функції та забарвлення пластид [41].

Одними із найпоширеніших та найважливіших пластид зелених рослин є хлоропласти. Вони розташовані у цитоплазмі клітин рослин та деяких видів водоростей, найбільше хлоропластів знаходиться в листках. Саме хлоропласти здійснюють фотосинтез, перетворюючи вуглекислий газ (CO_2) і воду (H_2O) на кисень (O_2) та органічні сполуки (вуглеводи) за використання енергії сонячного світла. Рівняння фотосинтезу:



Зелене забарвлення хлоропластів зумовлене наявністю пігменту хлорофілу. За структурою молекула хлорофілу подібна на молекулу гемоглобіну крові, тому іноді хлорофіл називають «кров'ю рослини». Цей пігмент виконує ключову роль у фотосинтезі, саме він засвоює енергію сонця, що так необхідна для життя рослині [9].

Наявність світла є ваговою умовою для існування рослини, тому більшість рослин, навіть з червоними або фіолетовими листками, містять у складі своїх клітин хлорофіл. Але існують винятки, наприклад петрів хрест, який веде паразитичний спосіб життя і його клітини позбавлені хлорофілу. Бурі та червоні водорості здійснюють фотосинтез за участі допоміжних пігментів, які наявні в їхньому складі – каротиноїдів та фікобілінів.

Кількість хлорофілу у рослині залежить від виду рослини, умов існування, віку та інших факторів. Чим більше хлорофілу, тим яскравіше зелене забарвлення в рослини [50]. З віком вміст хлорофілу у мезофілі листків може зменшуватись і дві рослини одного і того самого виду можуть мати різний вміст зелених пігментів, молода рослина – більше, старша – менше. Різні види рослин мають неоднакову кількість хлорофілу, що зумовлено генетичним фактором. Наприклад, такі рослини як шпинат та інша листова зелень мають вищий рівень хлорофілу. Кількість хлорофілу у листках залежить від умов навколишнього середовища, зокрема, від доступності води, рівня освітленості та кількості поживних речовин. Зміна сезонів також впливає [50].

Окрім хлорофілу у фотосинтезі беруть участь й інші пігменти, такі як каротиноїди (жовті, помаранчеві і червоні пігменти) та фікобіліни (червоний і синій пігменти) (табл. 1.1.1). Наявність різних пігментів дозволяє рослинам ефективніше використовувати енергію світла за рахунок поглинання більшого спектру світла.

Таблиця 1.1.1

Характеристика фотосинтетичних пігментів [43, 50]

Назва пігменту	Колір	Довжина хвиль, нм	Функції
Хлорофіл а	синьо-зелений	400 - 450 і 650 - 700	Основний пігмент фотосинтезу, поглинає синє та червоне світло, перетворюючи його на енергію
Хлорофіл b	жовто-зелений	430 - 460 і 640 - 670	Допоміжний пігмент, що розширює спектр світла покращуючи фотосинтез
Каротин	помаранчевий	400 - 500	Поглинає синьо-фіолетове світло та захищає хлорофіл від пошкоджень

Ксантофіли	жовті	400 - 530	Допоміжні пігменти, що поглинають синьо-фіолетове світло та виконують фотозахисну функцію
------------	-------	-----------	---

Хлорофіл а – основний пігмент фотосинтезу, його вміст становить 70 – 80% від загальної кількості хлорофілів у клітинах рослин. Його хімічна формула – $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$. Молекула складається з порфіринового кільця з магнієм всередині та довгого бічного ланцюга – фітолу, який утримує молекулу в мембрані тилакоїдів. Хлорофіл а поглинає синє та червоне світло, відбиваючи зелене, що і зумовлює зелене забарвлення листків [23]. Хлорофіл а є основним пігментом фотосинтезу, який поглинає енергію фотонів та перетворює її на хімічну енергію, що далі використовується для синтезу АТФ і НАДФ*Н під час світлової фази фотосинтезу. Отримана енергія пізніше використовується для фіксації вуглекислого газу та синтезу глюкози у темновій фазі [23]. Хлорофіл б подібний за будовою до хлорофілу а, але містить іншу функціональну групу – альдегідну, що зумовлює його синюватий відтінок і дещо інакший спектр поглинання світла [50].

Хлорофіл б поглинає синій та червоний діапазон хвиль, частково ті, які не засвоює хлорофіл а. Завдяки цьому розширюється діапазон світла, що може бути використаний для фотосинтезу. Також хлорофіл б може передавати енергію збудження до хлорофілу а, тим самим підвищуючи загальну ефективність процесу [50].

Каротиноїди – це велика група пігментів, до якої належать каротини та ксантофіли. Вони зумовлюють жовте, помаранчеве та червоне забарвлення пелюсток квіток, листків та плодів. Найпоширенішими є бета-каротин, альфа-каротин і лікопін. Вони виконують важливу роль у захисті фотосистем від надлишку сонячної енергії, антиоксидантну функцію, захищаючи клітини від негативного впливу активних форм кисню та переносять електрони. Ксантофіли беруть участь у регулюванні енергетичного балансу і також

забезпечують захист у разі надмірного освітлення. Каротиноїди мають фотозахисну, антиінфекційну та антимутагенну дію, беруть участь у статевих процесах рослин (входять до складу пилку і забарвлюють пелюстки квіток) тому їхнє значення виходить за межі пігментної функції [15].

Вплив органо-мінеральних добрив на фотосинтез

Органо-мінеральні добрива позитивно впливають на ріст і розвиток листових пластинок та утворення в них хлорофілу. Їх дія на рослину є комплексною оскільки вони одночасно:

- постачають макро- та мікроелементи, які беруть участь у синтезі фотосинтезуючих пігментів;
- покращують структуру ґрунту та впливають на біологічну активність мікроорганізмів у ньому, що сприяє кращому забезпеченню рослини поживними речовинами;
- активують різноманітні біохімічні процеси в клітинах, що покращує поділ клітин та утворення нових тканин, у тому числі листових;
- збільшують площу листка, що покращує здатність рослини до поглинання сонячного світла;
- покращується транспірація в рослини, забезпечуючи оптимальний газообмін між листками та навколишнім середовищем, що сприяє кращому засвоєнню вуглекислого газу [25].

Органічна частина добрив стимулює енергетичний обмін у клітинах і покращує роботу ферментів, що пов'язані з фотосинтезом. Мінеральна частина, в свою чергу, забезпечує наявність магнію – центрального атома в кільці молекули хлорофілу, а також заліза і марганцю, що входять до складу ферментів фотосинтезу. Завдяки цьому посилюється утворення хлорофілу і зростає фотосинтетична функція листка.

1.2. Матеріали дослідження

1.2.1. Характеристика сортів Скарб і Ярина нуту звичайного

Для вивчення впливу органо-мінеральних добрив матеріалами дослідження було обрано нут звичайний (*Cicer arietinum* L.) – представник

родини Бобові (*Fabaceae*). Вид є важливою продовольчою і кормовою культурою. Нут відзначається високою поживною цінністю через великий уміст білків, жирів, вуглеводів та мінералів. Однією з відмінних особливостей є наявність на листках та стеблі дрібних волосків, що виділяють щавлеву кислоту. Вона захищає рослину від багатьох видів шкідників. Нут має дуже розвинуту та розгалужену кореневу систему, що дозволяє економити воду та виживати навіть у сухому кліматі. Окрім того, він насичує ґрунт азотом і є хорошим попередником для інших культурних рослин під час сівозміни. Культивувати нут вигідно адже технологія вирощування є недорогою, а врожайність висока – у середньому 3,5 – 5,0 т/га. Одним із факторів, що впливає на врожайність нуту є здатність утворювати симбіотичний зв'язок з азотфіксувальними бактеріями. Разом з ними рослина може засвоювати з повітря від 80 до 150 кг азоту на гектар. Також такий симбіоз робить рослину більш стійкою до різноманітних хвороб, посухи і різних температурних коливань. Взаємовигідне співжиття з бактеріями інтенсифікує процес фотосинтезу, покращує підтримку водного балансу і газообміну рослини [8].

Нут має важливе значення у виробництві кормів, харчової продукції та в медицині. Його насіння характеризується високим умістом білків (приблизно 34%), складних вуглеводів (50%), вітамінів груп А, В, С та жирів. Нут добре засвоюється, містить багато важливих амінокислот та є повноцінною частиною раціону тварин і людини [7].

У тваринництві нут звичайний цінують за високу поживність – у 100 кілограмах зерна міститься 122 кормові одиниці та до 20 кг білків. У харчуванні людини нут також є важливим: він є корисним продуктом при діабеті через високий уміст клітковини, а через низький уміст жиру допомагає знижувати холестерин, також зменшує ризики серцево-судинних та онкологічних захворювань. Найбільше антиоксидантів міститься в оболонці темнонасісних сортів рослини [22].

Нут використовується для виробництва багатьох продуктів – халви, борошна, пасти, консерв. Сорти з білим насінням здебільшого застосовують для

харчових цілей, а сорти з темним насінням – корми для тварин. Особливу популярність має борошно з нуту, яке багате на вітаміни і мінерали, не містить глютену і підходить більшості населення. Іноді його рекомендуються вживати при захворюваннях дихальної системи, порушенні обміну речовин і для профілактики онкології [8].

Нут звичайний також вважається дуже цінним з екологічної точки зору. Завдяки здатності до симбіозу з бульбочковими бактеріями, а відтак – до фіксації молекулярного азоту, його культивування дозволяє зменшити кількість внесених мінеральних добрив та пестицидів, а також покращує мікробіом ґрунтів й сприяє сталому землеробству. У світі помітна тенденція з браком білкової продукції, тому збільшення посівних площ для вирощування нуту є актуальним в наш час завданням [7].

Отже, щоб підвищити врожайність та якість продукції важливо знайти способи активізації фізіологічних та біохімічних процесів у рослинах. Це одна з важливих сучасних проблем у землеробстві та біології.

Для дослідження було обрано два сорти нуту звичайного – Скарб і Ярина, які відрізняються між собою за біологічними та морфологічними властивостями, що дало можливість встановити ефективність застосування органо-мінерального добрива РКТ.

Сорт Скарб був виведений у Селекційно-генетичному інституті – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. Він добре адаптований до клімату Степу та Лісостепу (табл. 1.2.1). Цей сорт відноситься до середньостиглих (повна зрілість настає орієнтовно за 88-93 доби). Його кущ має напіврозкидисту форму і сягає у висоті приблизно 55-65 сантиметрів. Листки зелені без воскового нальоту, невеликі, мають округлу форму. Квітки поодинокі, білого кольору. Боби доволі великого розміру, овальні, при дозріванні набувають солом'яно-жовтого відтінку. Насіння також велике, світло-зеленого кольору з легкою зморшкуватістю на поверхні [22].

Скарб характеризується стабільними показниками врожайності, в середньому вона становить 2,25 тонни на один гектар, значною масою насіння –

маса однієї тисячі насінин коливається в межах 420-430 грамів. Зерно містить велику кількість білків (30%) та близько 7% жирів, що робить цей сорт високоцінним для харчової галузі. Окрім того, насіння швидко розварюється та має гарні смакові якості.

Скарб має значну перевагу порівнюючи з іншими сортами через підвищену стійкість до тривалої посухи, а також відсутність вилягання та ламкості стебел. Завдяки поєднанню високої продуктивності, стійкості та відмінної якості продукту, цей сорт вважається одним з найцінніших серед інших сортів нуту [22].

Таблиця 1.2.1

Морфологічні та біологічні особливості нуту звичайного сортів

Скарб та Ярина [22; 33]

Ознака	сорт Скарб	сорт Ярина
Форма куща	напівстиснута	напівстиснута
Стійкість до вилягання	стійкий до вилягання та обламування гілок 2-го порядку	стійкий
Висота рослин	55–65 см	55–65 см
Висота прикріплення нижнього бобу	22–24 см	22–25 см
Антоціанове забарвлення	відсутнє	слабке
Забарвлення стебла, листків, прилистків	зелене	темно-зелене з невеликим антоціаном
Восковий наліт	відсутній	відсутній
Розмір листків	0,6 - 1,1 см	0,6–1,0 см
Край листової пластинки	пильчастий	пильчастий
Квітки	поодинокі	поодинокі
Розмір квітки	велика	велика
Забарвлення віночка	біле	світло-рожеве
Розмір бобів	великі, 1,2×2,3 см	великі, 1,2×2,3 см

Форма бобів	овальна	овальна
Забарвлення бобів при дозріванні	солом'яно-жовте	темно-солом'яно-жовте з антоціаном
Забарвлення насіння	світло-жовте	світло-коричневе (при зберіганні темніє)
Розмір насіння	крупне	крупне
Форма насіння	проміжна	проміжна
Поверхня насінини	морщиниста	зморшківата, можливе розтріскування оболонки
Маса 1000 насінин	420–430 г	390–410 г
Вміст білків	30 %	28 %
Вміст олії	7 %	11 %
Смакові якості	добрі	добрі
Здатність до розварювання	швидко розварюється	швидко розварюється
Середня врожайність	2,25 т/га	2,7–3,2 т/га
Потенційна врожайність	–	понад 5 т/га
Група стиглості	середньостиглий	середньоранній
Тривалість вегетації	88–93 доби	82–85 діб
Стійкість до хвороб	стійкий до фузаріозу та аскохітозу	стійкий
Посухостійкість	висока	висока
Рекомендовані зони вирощування	Степ, Лісостеп	Степ, Лісостеп, Полісся

Сорт Ярина належить до ранньостиглих, дозріває всього за 82-85 днів (табл. 1.2.1). Це дає можливість вирощувати його в тих умовах, де вегетаційний сезон є коротким. Рослини цього сорту доволі високі, формують добре розвинену зелену наземну частину та мають прямостояче стебло, відсутнє антоціанове забарвлення. Листки дрібні, темно-зеленого кольору, перисті. Квіти білі, але помітні фіолетові прожилки на пелюстках. Боби середніх розмірів, в

одному бобі переважно знаходиться 1-2 насінини. Насіння невеликого розміру, має темне забарвлення і на відміну від Скарбу має гладкий покрив [33].

Ярина відома як сорт з високою врожайністю: за сприятливих погодних умов може давати високі та стабільні урожаї. Він швидко дозріває та має хорошу енергію для проростання. Здатний швидко стартувати на початку вегетації. Сорт стійкий до тривалої посухи й не є схильним до вилягання, добре адаптований до різних типів ґрунтів. Незважаючи на його середню стійкість до хвороб, зазвичай рослини проходять весь цикл розвитку не зазнаючи значних ушкоджень, що могли б вплинути на ріст та розвиток насіння. Насіння багате на білки, тому воно підходить для харчового використання. Завдяки своїм властивостям та особливостям цей сорт може вирощуватись у різних регіонах України [33].

Вибір цих сортів для дослідження зумовлений їхніми відмінностями у тривалості періоду вегетації, біологічних та морфологічних особливостях рослин, що дозволяє дослідити реакцію різних генотипів нуту звичайного на дію органо-мінеральних добрив, а саме препарату РКТ. Дослідження цих сортів дає нам можливість дізнатись:

- вплив добрив на ріст, розвиток та фотосинтетичну активність рослин;
- різницю в накопиченні пігментів (хлорофілів та каротиноїдів) у листках культур;
- зміну у фізіологічних процесах залежно від сорту та умов живлення.

Отже, сорти Скарб та Ярина є оптимальними представниками нуту звичайного для оцінки ефективності органо-мінерального добрива РКТ за параметрами фотосинтетичних пігментів та стимулювання фотосинтезу, а відтак підвищення продуктивності.

1.2.2. Рекультивант композиційний ТРЕВІТАН® - препарат біологічного походження

Рекультивант композиційний ТРЕВІТАН® – це новітній сучасний препарат, який має біологічне походження та поєднує в собі властивості мінеральних та органічних добрив (рис. 1.2.1, табл.1.2.2). Він був створений для

того, аби підвищити родючість ґрунту, активізувати процеси росту та розвитку в рослинах і покращити їхню витривалість до змінних та стресових умов. Препарат виробляється ТОВ «ТРЕВІТАН Україна» відповідно до технічних умов ТУ У 20.1-44141048-002:2001 і є зареєстрованим у державній санітарно-епідеміологічній службі України, а також у Канаді, це підтверджує його безпечність та ефективність використання [11].

РКТ представлений у трьох формах – для швидкої регенерації ґрунту [19], передпосівної обробки насіння [20] та для позакореневого підживлення рослин під час росту, що стимулює ріст культур у період вегетації та подальшому підвищує врожайність [18]. Завдяки комплексному складу це добриво можна використовувати для більшості сільськогосподарських культурних рослин, включно з нутом звичайним.



Рис. 1.2.1. Зовнішній вигляд баночок з рекультивантом композиційним ТРЕВІТАН®

Органічна частина препарату представлена гуміновою і фульвовими кислотами, що покращують ґрунт та стимулюють розвиток кореневої системи, активізують мікрофлору та полегшують засвоєння поживних речовин. Мінеральна частина забезпечує рослин макро- і мікроелементами, що є потрібними для інтенсивного фотосинтезу, утворення хлорофілу, різноманітних білків і ферментів. Як наслідок, у рослин покращується живлення, прискорюються процеси, підвищується продуктивність.

РКТ має комплексну дію на рослини – через ґрунт і безпосередньо через листову поверхню. У ґрунті препарат впливає на мікробіологічні процеси, активізуючи їх, сприяє накопиченню гумусу, покращує повітряно-водний баланс. У листках він посилює фотосинтетичну активність, впливає на утворення хлорофілу та каротиноїдів, активізує роботу ферментів, білків та обмін речовин. Завдяки цьому збільшується енергія для росту, збільшується листова пластина, покращується укорінення, потовщується стебло [18].

Таблиця 1.2.2

Склад препарату «Рекультивант композиційний ТРЕВІТАН® [18]

Речовини	Масова частка у % на суху речовину	Примітка
органічні речовини	55,0-75,0	ДСТУ ISO 7827
гумінові органічні речовини	2,0-7,0	
екстракт фульвових речовин	0,8-3,0	
загальний вміст нітрогену (N)	0,1-0,7	
Фосфору (P ₂ O ₅)	0,01-0,5	
Калію (K ₂ O)	0,2-0,9	
водорозчинні солі (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Co)	0,3-1,0	
сухий залишок	1,0-2,5	
водневий показник рН розчину	8,0-10,9	ДСТУ Б В. 2

Перевагами препарату є його природне походження, відсутність токсинів, екологічна безпечність та висока сумісність з багатьма рослинами. Використання РКТ не тільки підвищує врожайність але й покращує якість продукції. Під час даного дослідження препарат використовувався як стимулятор росту для передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення під час вегетації. Це дало нам можливість оцінити його вплив на фотосинтез та накопичення фотосинтетичних пігментів.

1.3 Методи дослідження

1.3.1. Схема польового досліді

Для проведення дослідження використовувались польові та лабораторні методи. Польові досліді проводились упродовж вегетаційних періодів 2024 та 2025 років на дослідницьких ділянках агробіолабораторії ТНПУ. Дослід був закладений у двох варіантах – контрольному (без внесення добрив) та дослідному (з обробкою насіння перед сівбою препаратом РКТ для обробки насіння та позакореневим підживленням рослин у фазі бутонізації РКТ для обробки надземних органів згідно норм виробника), в трьох повтореннях. Насіння контрольного варіанту нуту звичайного змочували водою з водогону з розрахунку 2% від маси, а у фазі бутонізації обприскували водою з водогону надземні органи ранцевим оприскувачем відповідно до кількості РКТ. Варіанти розміщувались рендомізовано, площа облікової ділянки становила 4,3 м² (рис. 1.3.1).

Контроль	РКТ	Контроль	РКТ	Контроль	РКТ
----------	-----	----------	-----	----------	-----

Рис. 1.3.1. Схема польового досліді.

Насіння нуту звичайного дослідного варіанту обробляли 1% розчином РКТ для передпосівної обробки із розрахунку 2% від маси насіння. Під час фази бутонізації рослини дослідного варіанту були оброблені РКТ для позакореневого підживлення. Вирощування нуту здійснювалось за загальноприйнятою технологією для Лісостепу України: норма висіву 400 тис. насінин на гектар, ширина міжряддя 45 см (рис.1.3.2) та глибина загортання насіння 3-4 см [36]. Під час догляду за рослинами не використовувались хімічні засоби захисту рослин та боротьби з бур'янами, лише агротехнічні методи догляду.



Рис. 1.3.2. Маркування дослідного поля перед сівбою.

1.3.2. Спектрофотометричний метод визначення фотосинтетичних пігментів

Для визначення кількості фотосинтетичних пігментів у листках використовували спектрофотометричний метод за Вельбурном [50] та диметилсульфооксид (ДМСО) як розчинник. Метод ґрунтується на екстракції пігментів із подрібнених листків і вимірювання оптичної густини екстракту на спектрофотометрі при різних довжинах хвиль.

Для аналізу відбирали 100 мг свіжих листків середнього ярусу нуту звичайного у фазах цвітіння, кінець цвітіння-початок утворення бобів, зеленого бобу, початок досягання бобів (рис. 1.3.3) подрібнювали та заливали 10 мл ДМСО. Пробірки щільно закорковували та утримували в термостаті за температури 67°C упродовж 4 годин. Після охолодження набирали 1 мл екстракту, розводили з 3 мл чистого ДМСО та вимірювали оптичну густину при довжинах хвиль $\lambda = 663, 645, 440,5$. Наступним кроком було розрахунок концентрації хлорофілів за формулами Макінні-Арнона:

$$\text{Chl a} = 12,7E_{663} - 2,69E_{645}$$

$$\text{Chl b} = 22,9E_{645} - 4,68E_{663}$$

Для обчислення концентрації каротиноїдів використовували формулу Вегтшейна:

$$\text{Carot} = 4,695E_{440,5} - 0,268(a+b),$$

де E – показник спектрофотометра

Після визначення концентрації пігментів, обчислювали їх уміст за наступними формулами:

1) Хлорофіл а

$$\frac{\text{Chla} \times 10 \times (1 + 3)}{0,1\text{г} \times 1000 \times 1} = 0,4 \text{ Chla, [мг/г сирої маси]}, \text{ де:}$$

10 –об'єм ДМСО, що додавали до наважки, мл

1 – об'єм розчину, який відбирали після екстрагування, мл

3 – об'єм ДМСО, який додавали для розведення зразка, мл

0,1 г – наважка листків

2) Хлорофіл b

$$\frac{\text{Chlb} \times 10 \times (1 + 3)}{0,1\text{г} \times 1000 \times 1} = 0,4 \text{ Chlb, [мг/г сирої маси]}$$

3) Каротиноїди

$$\text{C a+b} = 0,4 \text{ Chla} + 0,4 \text{ Chlb, [мг/г сирої маси]}$$



Рис. 1.3.3. Зовнішній вигляд рослин нуту звичайного сорту Скарб у фазах цвітіння та зеленого бобу.

1.3.3. Статистичні методи

Математична обробка результатів дослідження включала визначення середнього значення показників за наступною формулою:

$$X_{\text{сep}} = (X_1 + X_2 + X_3)/3$$

Також визначали похибку за наступною формулою:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2}{n(n-1)}}$$

Де X_i – середнє значення, $\langle X \rangle$ – значення з вибірки, n – кількість вибірок

Для визначення достовірної різниці між контрольним і дослідним варіантами використовували коефіцієнт Стюдента, що дозволив оцінити значущість отриманих результатів:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

Де x – середні значення контролю та досліду, m – похибки контролю та досліду.

1.4. Вплив рекультиванту композиційного ТРЕВІТАН® на накопичення фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного

Важливим фізіологічним процесом, що сприяє формуванню продуктивності посівів культурних рослин, завдяки утворенню органічних речовин є фотосинтез. Інтенсивність протікання світлових реакцій фотосинтезу залежить від умісту та співвідношення в мезофілі листків пігментів хлорофілів і каротиноїдів [23]. Фотокаталізаторна функція хлорофілу a є основною в світловій фазі фотосинтезу, тому кількісний і якісний склад пігментів мезофілу листків впливає на продуктивність сільськогосподарських культур. Формування світлозбирального пігментного комплексу залежить від абіотичних, біотичних та антропогенних чинників, у тому числі й від використання у технології вирощування екологічно безпечних препаратів [21,23], які підвищують у рослинах процеси метаболізму, що сприяє наростанню біомаси рослини,

поліпшує формування потужного фотосинтетичного апарату з великим умістом хлорофілів [17].

У результаті досліджень та аналізу їх результатів було встановлено, що використання РКТ позитивно вплинуло на накопичення пластидних пігментів у мезофілі листків нуту звичайного сортів Скарб і Ярина. Передпосівна обробка насіння та позакореневе підживлення надземних органів рослин у фазі бутонізації сприяли підвищенню вмісту фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного сорту Скарб упродовж онтогенезу (табл. 1.4.1).

Таблиця 1.4.1

Вплив рекультиванту композиційного ТРЕВІТАН® на накопичення хлорофілів (мг/1 г сирової речовини) у листках нуту звичайного сорту Скарб упродовж онтогенезу, $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Хлорофіли <i>a/b</i>	Хлорофіли (<i>a + b</i>)
Фаза цвітіння (06.07.2025 р.)				
Контроль	1,38±0,014	0,31±0,001	4,45	1,69
РКТ	1,47±0,049*	0,30±0,028	4,90	1,77
Фаза кінець цвітіння-початок утворення бобів (16.07.2025 р.)				
Контроль	1,54±0,016	0,42±0,003	3,67	1,96
РКТ	1,62±0,012*	0,45±0,004*	3,60	2,07
Фаза зеленого бобу (07.08.2025 р.)				
Контроль	1,65±0,024	0,44±0,007	3,75	2,09
РКТ	1,76±0,015*	0,48±0,013	3,67	2,24
Фаза початок достигання бобів (01.09.2025 р.)				
Контроль	1,61±0,040	0,41±0,006	3,93	2,02
РКТ	1,68±0,042	0,45±0,013*	3,73	2,11

Примітка: * – різниця достовірна порівнюючи з контролем при $p < 0,05$

Зокрема, у фазі цвітіння нуту звичайного сорту Скарб визначено статистично вірогідне підвищення вмісту хлорофілу *a* на 6,5 %. За вмістом хлорофілу *b* листки рослин контрольного та дослідного варіантів не

відрізнялися між собою. Спостерігається тенденція до підвищення кількості основних каротиноїдів на 4,7 %. У фазі кінець цвітіння-початок утворення бобів застосування у технології вирощування РКТ статистично вірогідно підвищувало кількість хлорофілів *a* і *b* на 5,2 % і 7,1 %. За застосування РКТ у фазі зеленого бобу у листках нуту звичайного сорту Скарб виявлено більше хлорофілу *a* на 6,7 %, а на початку досягання бобів – хлорофілу *b* на 9,7 %. Більший уміст хлорофілу *a* у листках рослин у фазі цвітіння порівнюючи з кількістю хлорофілу *b* призвів до підвищення показника співвідношення між цими двома зеленими пігментами. У наступних фазах росту і розвитку зазначений вище параметр є нижчим у рослин дослідного варіанту порівнюючи з контролем.

Співвідношення хлорофілу *a* / хлорофілу *b* вчені вважають індикатором функціональної організації фотосинтетичного апарату листків та пристосування до світла. Вміст пластидних пігментів, зокрема хлорофілу *b*, є чинником, що активує сигнальні шляхи, які беруть участь у регуляції періодів онтогенезу у рослин [17].

Зелені пластидні пігменти – хлорофіли *a* і *b* виконують важливу функцію в процесі фотосинтезу та є дуже чутливими індикаторами фізіологічного стану рослини [43]. Вони беруть безпосередню участь у фотохімічних реакціях, що пов'язані із поглинанням квантів сонячного світла і перетворенням її в хімічну енергію органічних сполук, яка є необхідною для процесів росту і розвитку рослини, їх кількість опосередковано впливає на продуктивність рослин. Вміст пігментів у листках в основному визначається генотипом рослини, а в межах норми реакції генотипу й умовами існування [17].

Виявлено, що застосування РКТ для передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення рослин статистично вірогідно не впливало на накопичення каротиноїдів у листках нуту звичайного сорту Скарб (табл. 1.4.2), але підвищувало показники співвідношення суми хлорофілів до каротиноїдів. Це пояснюється тим, що РКТ суттєво впливав на накопичення хлорофілів у листках і проявляв індиферентну дію на біосинтез каротиноїдів.

Таблиця 1.4.2

Вплив рекультиванту композиційного ТРЕВІТАН® на накопичення каротиноїдів (мг/1 г сирової речовини) і їх співвідношення з хлорофілами у листках нуту звичайного сорту Скарб упродовж онтогенезу, $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Хлорофіли($a + b$) / Каротиноїди	Каротиноїди
Фаза цвітіння (06.07.2025 р.)		
Контроль	3,67	0,46 $\pm$ 0,015
РКТ	4,42	0,40 $\pm$ 0,045
Фаза кінець цвітіння-початок утворення бобів (16.07.2025 р.)		
Контроль	4,48	0,41 $\pm$ 0,017
РКТ	5,05	0,41 $\pm$ 0,019
Фаза зеленого бобу (07.08.2025 р.)		
Контроль	4,98	0,42 $\pm$ 0,006
РКТ	5,33	0,42 $\pm$ 0,012
Фаза початок достигання бобів (01.09.2025 р.)		
Контроль	4,93	0,41 $\pm$ 0,007
РКТ	4,91	0,43 $\pm$ 0,044

Результати дослідження показали аналогічну закономірність стосовно накопичення хлорофілу a у листках нуту звичайного сорту Ярина порівнюючи з сортом Скарб. Упродовж досліджуваних фаз онтогенезу кількість хлорофілу a у мезофілі листків за впливу РКТ статистично вірогідно підвищилась на 8,7 % (фаза цвітіння), 13,9 % (кінець цвітіння-початок утворення бобів) та 8,0 % (початок достигання бобів) (табл.1.4.3). На уміст хлорофілу b та основних каротиноїдів (табл. 1.4.4) застосування РКТ у технології вирощування нуту звичайного сорту Ярина суттєво не впливало. Варто зазначити, що застосування РКТ у технології вирощування нуту звичайного сорту Скарб також суттєво не впливало на накопичення основних каротиноїдів.

За рахунок підвищення умісту хлорофілу *a* у мезофілі листків відповідно зростали показники суми зелених пігментів та співвідношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* за впливу РКТ. Застосування РКТ для обробки насіння перед сівбою та позакореневого підживлення рослин поліпшувало мінеральне живлення нуту звичайного і відповідно сприяло формування фотосинтетичного апарату і біосинтезу зелених пігментів, які у своєму складі містять магній та нітроген.

Таблиця 1.4.3

Вплив рекультиванту композиційного ТРЕВІТАН® на накопичення хлорофілів (мг/1 г сирової речовини) у листках нуту звичайного сорту Ярина упродовж онтогенезу, $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Хлорофіли <i>a/b</i>	Хлорофіли (<i>a + b</i>)
Фаза цвітіння (01.07.2025 р.)				
Контроль	$1,61 \pm 0,017$	$0,44 \pm 0,018$	3,66	2,05
РКТ	$1,75 \pm 0,044^*$	$0,46 \pm 0,003$	3,80	2,21
Фаза кінець цвітіння-початок утворення бобів (13.07.2025 р.)				
Контроль	$1,44 \pm 0,037$	$0,36 \pm 0,034$	4,00	1,80
РКТ	$1,64 \pm 0,170^*$	$0,37 \pm 0,038$	4,43	2,01
Фаза зеленого бобу (08.08.2025 р.)				
Контроль	$1,62 \pm 0,012$	$0,45 \pm 0,004$	3,60	2,07
РКТ	$1,75 \pm 0,024^*$	$0,46 \pm 0,013$	3,80	2,21
Фаза початок достигання бобів (03.09.2025 р.)				
Контроль	$1,64 \pm 0,002$	$0,44 \pm 0,013$	3,73	2,08
РКТ	$1,68 \pm 0,180$	$0,46 \pm 0,041$	3,65	2,14

Примітка: * – різниця достовірна порівнюючи з контролем при $p < 0,05$

Оскільки за впливу РКТ підвищився у мезофілі листків уміст хлорофілів, а на накопичення каротиноїдів препарат суттєво не впливав, то показники співвідношення суми хлорофілів до каротиноїдів у рослин нуту звичайного дослідного варіанту в онтогенезі зростали.

Вплив рекультиванту композиційного ТРЕВІТАН® на накопичення каротиноїдів (мг/1 г сирової речовини) і їх співвідношення з хлорофілами у листках нуту звичайного сорту Ярина упродовж онтогенезу, $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Хлорофіли ($a + b$) / Каротиноїди	Каротиноїди
Фаза цвітіння (01.07.2025 р.)		
Контроль	4,66	$0,44 \pm 0,002$
РКТ	4,91	$0,45 \pm 0,004$
Фаза кінець цвітіння-початок утворення бобів (13.07.2025 р.)		
Контроль	4,29	$0,42 \pm 0,034$
РКТ	5,91	$0,34 \pm 0,077$
Фаза зеленого бобу (08.08.2025 р.)		
Контроль	5,05	$0,41 \pm 0,003$
РКТ	5,52	$0,40 \pm 0,004$
Фаза початок досягання бобів (03.09.2025 р.)		
Контроль	4,95	$0,42 \pm 0,002$
РКТ	4,86	$0,44 \pm 0,062$

Отже, застосування РКТ у технології вирощування нуту звичайного сортів Скарб та Ярина сприяє накопиченню хлорофілів у листках. Накопичення пігментів у листках нуту звичайного залежить від сортових особливостей культури. Сорт Ярина характеризується більшим умістом хлорофілів у мезофілі листків порівнюючи з сортом Скарб у фазі цвітіння.

В онтогенезі нуту звичайного найбільшу кількість хлорофілів у мезофілі листків виявлено під час фази зеленого бобу сортів Скарб і Ярина. У фазі цвітіння виявлено найнижчі показники кількості зелених пігментів у листках сорту Скарб. Упродовж індивідуального розвитку рослин параметри співвідношення (хлорофіли $a+b$)/каротиноїди підвищувались, що пов'язано із збільшенням кількості хлорофілів у листках.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДНИЦЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ЗДОБУВАЧІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ ЯК НЕВІД'ЄМНА СКЛАДОВА БІОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ

2.1. Роль і можливості дослідницької діяльності під час вивчення біології у Новій українській школі

Особливу роль у вивченні біології в Новій українській школі (НУШ) виконує дослідницька діяльність, адже за допомогою неї можна перетворити навчання на активний процес, під час якого діти не повторюватимуть готову інформацію, а самі зможуть дослідити факти та відкрити щось нове для себе. Сучасне навчання прагне не просто наповнити учнів інформацією, а й розвинути в них пізнавальну активність, критичне мислення, вміння шукати шляхи вирішення поставленої проблеми, працювати зі складними завданнями й застосовувати здобуті знання. Найкращим засобом для досягнення цього є дослідження, адже тут поєднується цікавість, самостійність і діяльність [39].

Біологія є однією з дисциплін де дослідницький підхід реалізується найкраще та має багато форм. Низку явищ, процесів й об'єктів можна відтворити в умовах школи. Під час спостережень, проведення експериментів, аналізу одержаних результатів, учні отримують не лише знання про природу – вони набувають реального наукового досвіду. Така форма навчання мотивує дітей, викликає інтерес та захоплення і формує відчуття успіху, коли дитина бачить власний результат [31].

Дослідницька діяльність комплексно розвиває багато умінь: бачити й пояснювати закономірності, порівнювати процеси та об'єкти, що досліджуються, критично мислити та робити логічні висновки, аналізувати фактори та використовувати різні методи – спостереження, експеримент, вимірювання тощо. Також вони вчаться працювати з інформацією: знаходити джерела, аналізувати їх та перевіряти на практиці. В НУШ ці навички є ключовими, адже вони потрібні не лише в школі, а й в повсякденному житті.

Велике значення має і роль вчителя під час цього процесу. Він не просто передає знання учням, він виступає в ролі наставника й організатора освітнього процесу. Учитель допомагає підібрати тему, спрямовує роботу, підказує, звертає увагу учнів на певні процеси під час експериментів, аналізує помилки та направляє в правильну сторону. Це дозволяє учням розвивати навички, які просто так не з'являються. Вони вчаться планувати свою роботу, розподіляють обов'язки та етапи роботи, обробляють результати та представляють їх. Саме така взаємодія і відповідає сучасній моделі НУШ, де вчитель наставник та партнер, а не просто джерело інформації [6].

Проекти є однією з форм навчання, що сприяє розвитку дослідницького мислення. Особливу увагу хочеться приділити міжпредметним проектам. Біологічні проекти можуть поєднувати в собі хімію, фізику, географію, екологію, що дозволяє вивчити процес чи явище з різних сторін та цілісно зрозуміти його. Під час роботи над проектом діти не лише повторюють матеріал, а й розвивають творчість, вміння працювати в команді та розподіляти обов'язки [39].

Також до дослідницької діяльності можна віднести деякі позаурочні форми: гуртки, спільні дослідження, участь в конкурсах, наукових турнірах, тощо. Біологія в такому форматі стає не лише навчальним предметом, а й інструментом виховання допитливої, активної та відповідальної особистості.

2.2 Вивчення фотосинтезу в школі (аналіз навчальної програми рівень стандарту і профільний рівень)

Вивчення фотосинтезу у шкільному курсі біології залежить від рівня навчання – стандартний чи профільний. На рівні стандарту діти розглядають фотосинтез як базовий процес, що забезпечує існування інших організмів. Учні важливо зрозуміти для чого відбувається цей процес та основні етапи. Акцент робиться на тому, щоб дізнатись яка користь від фотосинтезу іншим організмам, наприклад, забезпечення киснем.

На рівні стандарту згадуються пластиди, хлорофіл, загальні рівняння реакцій, що відбуваються під час фотосинтезу та фази (світлова і темнова) – без

детального розгляду фізіологічних та біохімічних процесів. Учні дізнаються, що світлова фаза фотосинтезу пов'язана з поглинанням світла й утворенням енергії, а темнова – з фіксацією вуглекислого газу, але не розглядається пояснення циклу Кальвіна, особливостей різних типів фотосинтезу. Така подача матеріалу орієнтується на розумінні процесу в загальному, а не його біохімічних особливостях.

На лабораторних роботах учні зосереджуються на розумінні процесу (утворення крохмалю, виділення кисню), а не вимірювання кількісних показників [39].

Профільний рівень спрямований на поглиблене вивчення процесу значно детальніше. Тут фотосинтез – це вже не просто процес, а комплекс біохімічних та фізіологічних реакцій. Школярі вивчають структуру хлоропласта (тилакоїди, строма, утворення НАДФН, фотоліз води). Ця програма також передбачає вивчення циклу Кальвіна та типів фотосинтезу. Учні аналізують, чому кожен вид має певні особливості в процесі синтезу органічних сполук, як різноманітні фактори впливають на цей процес (концентрація CO_2 , вологість, температура, наявність мінеральних речовин). Учні можуть проводити експерименти, застосовуючи кількісні методи дослідження, вимірювати показники, будувати таблиці та графіки. На профільному рівні фотосинтез пов'язують з іншими глобальними біосферними процесами: формування біомаси, баланс кисню та вуглекислого газу, зміна клімату [39].

Отже, різниця між стандартним та профільним рівнями навчальної програми не лише в об'ємі знань. На стандартному рівні метою є сформулювати розуміння суті процесу фотосинтезу, а на профільному – сформулювати уявлення про механізми світлової і темної фаз, фотофізичні, фотохімічні та біохімічні процеси, вплив факторів середовища на інтенсивність утворення органічних речовин і виділення кисню.

2.3. Місце дослідницької діяльності під час уроків біології у контексті STEM-освіти

Дослідницька діяльність на уроках біології посідає особливе місце в сучасній школі, адже саме через неї реалізуються ключові ідеї STEM-освіти. Школа має завдання виховати вільну, творчу та мислячу особистість, що вміє застосовувати знання в реальному житті. В природничій галузі це завдання складно виконати без залучення дітей до досліджень.

У STEM-підході в центрі опиняється дослідницьке завдання, що вимагає практики, а не вчитель. Хоча він є присутнім під час виконання завдання, але виконує роль наставника.

Дослідницька діяльність охоплює декілька рівнів. Першим є навчальний рівень: лабораторні та практичні роботи, маленькі дослідження, моделювання, деякі експерименти. Програми містять завдання, де потрібно формулювати гіпотези, проводити спостереження, працювати з джерелами інформації. Окрім навчального рівня є ще позаурочний: екскурсії, конкурси, олімпіади і позакласні заходи, зокрема, участь в проєктах, виконання наукових робіт. Ці три рівні тісно пов'язані між собою та доповнюють один одного. Але дослідницька діяльність має і певні труднощі: вона потребує часу, хорошого матеріально-технічного забезпечення, належної підготовки вчителя та учнів і певного рівня самостійності учнів [32].

2.4. Проектна діяльність як формування наукового мислення та дослідницьких навичок у дітей під час вивчення фотосинтезу

Під час вивчення фотосинтезу проектна діяльність є не лише додатковою формою навчання, а одним з найефективніших методів для формування наукового мислення. Адже учні не лише отримують можливість почути теорію, але й самостійно “пережити” науковий процес – поставити запитання, висунути гіпотези, спланувати досліди, зібрати дані та зробити висновки. Це розвиває їхнє вміння аналізувати, порівнювати, шукати причинно-наслідкові зв'язки та критично мислити.

Розробка та реалізація проєкту

Під час вивчення фотосинтезу учні 7-го та 10-го класів брали участь у двох різних проєктах, які допомогли їм поглибити власні знання про процеси, що відбуваються в рослинних клітинах. Молодші школярі досліджували інтенсивність виділення кисню елодеєю під час фотосинтезу, а старші – виготовляли витяжку пігментів з листків і проводили хроматографію, щоб побачити пігментний склад.

Дослід 1. Визначення інтенсивності виділення кисню елодеєю

Під час проєкту учні 7 класу провели декілька дослідів з елодеєю, щоб виявити, за яких умов фотосинтез проходить найактивніше. Школярі аналізували дані, формували власні припущення та робили висновки реальних вимірювань.

Для досліду використовували скляний циліндр, ножиці, лійку, електричну лампу та декілька гілочок елодеї. Спочатку учні підрізали елодею під водою, щоб не потрапили бульбашки повітря в стебло, а потім помістили її у склянку з підготовленою водою, збагаченою CO_2 (додавши до неї на кінчику ножа NaHCO_3). Зрізані кінчики стебла елодеї притримували скляними паличками, накривали лійкою, а потім на трубку лійки розміщували перевернуту догори дном пробірку, повністю заповнену водою (рис. 2.4.1) [10].

Після цього, біля склянки ставили настільну лампу на віддалі 10 см і спостерігали за виділенням бульбашок газу. Через 2-3 хвилини після виділення бульбашок газу учні розпочинали підрахунок їх кількості за 1 хв – це вказувало на те, що рослина дійсно на світлі виділяє кисень. Для ідентифікації виділеного газу, вчитель обережно виймає пробірку, закриваючи пальцем і підносить до неї тліючу скіпку. Горіння скіпки є підтвердженням, що всередині пробірки накопичився кисень, оскільки кисень підтримує горіння.

Після первинної демонстрації учні перейшли до наступної частини – дослідження впливу інтенсивності світла на інтенсивність виділення бульбашок кисню. Електричну лампу розміщували на різній відстані від циліндра з

елодеею: 20 см, 40 см та 60 см. Кожного разу школярі підраховували кількість виділених бульбашок кисню протягом однієї хвилини та записували отримані дані.



Рис. 2.4.1. Виділення кисню під час фотосинтезу елодеєю канадською: а – постановка досліду; б – виймання пробірки з води; в – внесення тліючої скалки в пробірку з киснем [10].

Після аналізу отриманих результатів учні зробили наступний висновок: інтенсивність виділення бульбашок кисню суттєво залежить від інтенсивності освітлення; чим ближче розміщена електрична лампа до циліндра з елодеєю – тим активніше гілочки елодеї виділяли кисень. На найближчій відстані (20 см) бульбашки кисню виділялись майже безупинно, на середній (40 см) – повільніше, а на відстані 60 см діти ледве нарахували декілька бульбашок. Це порівняння показало, що світло є одним з ключових факторів, що впливає на інтенсивність фотосинтезу.

Дослід 2. Дослідження пігментного складу листка методом хроматографії на папері

Учні 10 класу ItStep School працювали над складнішим науковим експериментом. Вони не лише спостерігали, а фактично «розібрали» листок на складові та побачили, які пігменти входять до його складу (етапи виконання роботи та фотофіксація процесу представлено в Додатку А).

Роботу почали з виготовлення витяжки пігментів. Для досліду учні використовували листки нуту звичайного двох сортів – Ярина та Скарб. З кожного сорту використовували по два варіанти листків: рослини першого варіанту вирощено в звичайних умовах без використання добрив, інший – за позакореневого підживлення орґано-мінеральним добривом РКТ. Учні подрібнювали ножицями зелені листки, переносили подрібнену масу в ступку та розтирали з промитим кварцовим піском (для руйнування тканин і оболонок клітин), крейдою (для нейтралізації органічних кислот) і етиловим спиртом [10]. Після кількох хвилин розтирання отримали густу зелену суспензію, яку розбавили етиловим спиртом і пізніше відфільтрували, щоб відокремити тверді частинки. У результаті отримали фільтрат смарагдово-зеленого забарвлення – спиртову витяжку пігментів.

На аркуші хроматографічного паперу на віддалі 1 см від краю наносили піпеткою кілька крапель спиртової витяжки пігментів (виготовляли стартову пляму) та підсушували. Далі смужку хроматографічного паперу занурювали нижнім краєм у пробірку зі спиртом так, щоб спирт не торкався зеленої плями і спостерігали. Розчинник починає підніматись вгору капілярною силою й тягне за собою різні пігменти.

У результаті цього вже за декілька хвилин на хроматографічному папері з'являються чіткі кольорові смуги – кожна з них відрізняється за забарвленням і відповідає окремому пігменту. Учні визначили синьо-зелену смужку хлорофілу а, жовто-зелену – хлорофілу b, жовті смужки ксантофілів та помаранчеву смугу каротиноїдів.

Частина школярів були вражені тим, що «зелена витяжка у пробірці» – це насправді ціла палітра низки речовин, кожна з яких має різне забарвлення та поглинає світло у певному діапазоні. Завдяки цьому досліду учні зрозуміли, чому рослини ефективно ростуть при різних спектрах освітлення, оскільки у хлоропластах наявні зелені і жовті пігменти, які поглинають промені світла різної довжини.

Анкетування учнів та вчителів

У межах проєктів було проведено анкетування серед учнів та вчителів. Воно дало можливість оцінити наскільки учні засвоїли матеріал, як змінилось їхнє уявлення про фотосинтез та яке значення має дослідницька діяльність під час виконання практичних робіт для формування знань про фотосинтез, а також з'ясувати, з якими труднощами під час експериментів зіткнулись вчителі та учні. Крім того, анкетування допомогло оцінити, як формувались в учнів навички дослідження, вміння аналізувати отримані результати, працювати в команді і з обладнанням. Деякі відповіді на питання в анкеті допомогли дізнатись про погляд вчителів на ефективність методики, її зручність у впровадженні та можливість подальшого використання.

1. Анкета для учнів (до початку дослідів)

1. Що ти знаєш про фотосинтез?

- майже нічого
- дещо чув(ла)
- маю загальне уявлення
- добре розумію процес

2. Які продукти утворюються в процесі фотосинтезу?

- кисень
- глюкоза
- вуглекислий газ
- не знаю

3. Як ти вважаєш, чи впливає кількість світла на інтенсивність фотосинтезу?

- так
- ні
- не знаю

4. Чи маєш досвід роботи з лабораторними дослідami?

- так
- інколи
- ні

5. Наскільки тобі цікаво брати участь у проєкті? (1–5) _____

2. Анкета для учнів (після дослідів)

1. Чи стало тобі зрозуміліше, як відбувається процес фотосинтезу?

- так
- частково
- ні

2. Чи був дослід цікавим та наочним для тебе?

- так
- частково
- ні

3. Чи допоміг дослід краще зрозуміти роль світла в процесі фотосинтезу?

- так
- частково
- ні

4. Які навички ти здобув?

- спостереження
- робота з обладнанням
- аналіз результатів
- робота в групі
- усе з переліченого

5. Чи хотів(ла) би виконувати подібні дослід у майбутньому?

- так
- можливо
- ні

6. Як ти оцінюєш вплив добрив на інтенсивність фотосинтезу?

- сильно збільшив
- трохи збільшив
- не вплинув
- трохи зменшив

7. Твої враження від досліду (коротка відповідь) _____

3. Анкета для вчителів

1. Як учні працювали в межах проєкту?

- дуже активно
- достатньо активно
- пасивно

2. Який дослід викликав більшу зацікавленість?

- з елодеєю
- хроматографія на папері
- обидва однаково

3. З якими труднощами стикалися під час проєкту?

- технічні (обладнання)
- нерозуміння суті процесу
- проблеми з командною роботою
- труднощів майже не було

4. Чи покращилися практичні навички учнів?

- так
- частково
- ні

5. Ваші спостереження та рекомендації: (відкрита відповідь)

Аналіз відповідей на анкети

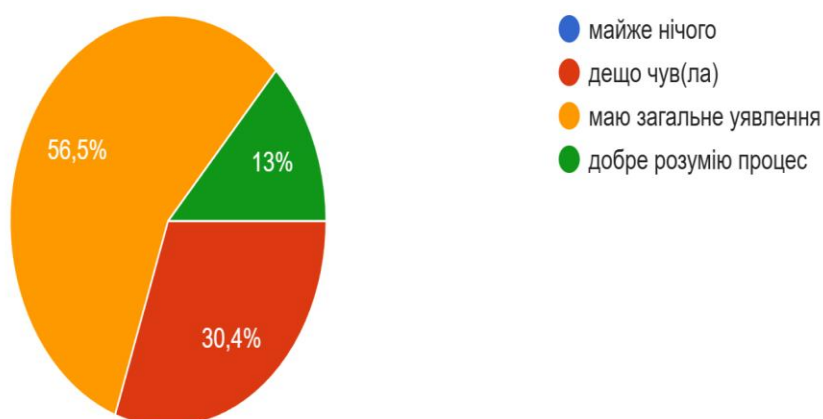
В опитуванні взяли участь: 6 учнів 7-го класу, 17 учнів 10-х класів та 12 учителів.

Результати опитування до проведення проєкту показали, що 56% учнів мали загальне уявлення про процес фотосинтезу, а близько 30% дещо чули про цей процес і 13% демонстрували повне розуміння теми (рис. 2.4.2). Аналіз

відповідей про продукти фотосинтезу виявив, що більшість школярів наводили правильну відповідь, але деякі учні плутали продукти фотосинтезу з реагентами. На питання про вплив світла на інтенсивність фотосинтезу більшість (56%) погодились з тим, що інтенсивність світла виконує важливу роль у фотосинтезі, тоді як 35% опитуваних вагалися або не знали. Досвід проведення лабораторних досліджень виявився мінімальним: близько 60% школярів зазначили відповідь «інколи», а 30% учнів написали, що взагалі не проводили досліджень. Попри це, школярі мали високу мотивацію і демонстрували явний інтерес до проєкту.

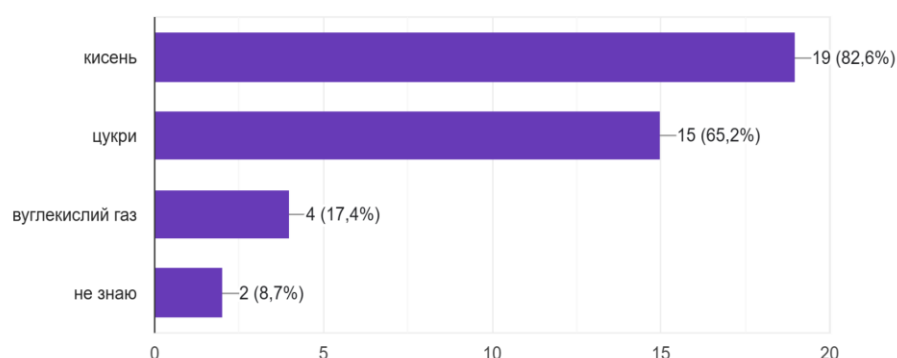
1. Що ти знаєш про фотосинтез?

23 відповіді



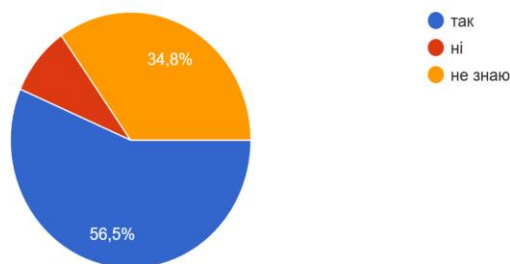
2. Які продукти утворюються в процесі фотосинтезу?

23 відповіді



3. Як ти вважаєш, чи впливає кількість світла на фотосинтез?

23 відповіді



4. Чи маєш досвід роботи з лабораторними дослідженнями?

23 відповіді

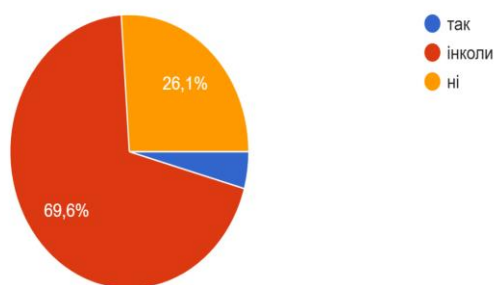
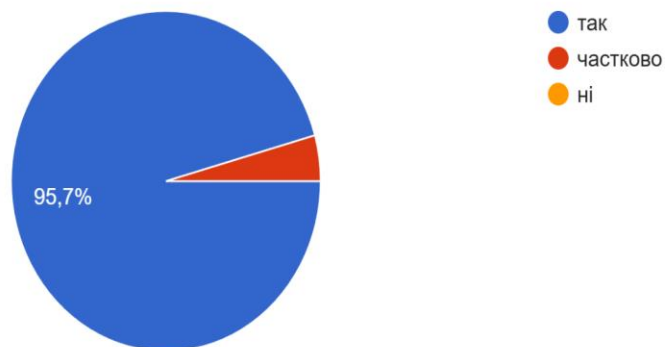


Рис. 2.4.2. Результати опитування школярів, щодо проведення проєкту

Після проєкту ситуація покращилась. Майже всі учні відповіли, що тепер вони краще розуміють процес фотосинтезу, інші вказали на часткове покращення власних знань. Також покращилось розуміння факторів, що впливають на інтенсивність фотосинтезу. Усі учні описали конкретні навички, які опанували під час проєкту, зокрема роботу з обладнанням, аналіз результатів дослідження і групову взаємодію – тобто 100% учнів отримали реальний практичний досвід. 75% школярів вказали, що в подальшому хотіли б брати участь у подібних навчальних дослідах, 25% – зазначили, що можливо б спробували ще щось. Результати анкетування представлено на рисунках (рис. 2.4.3).

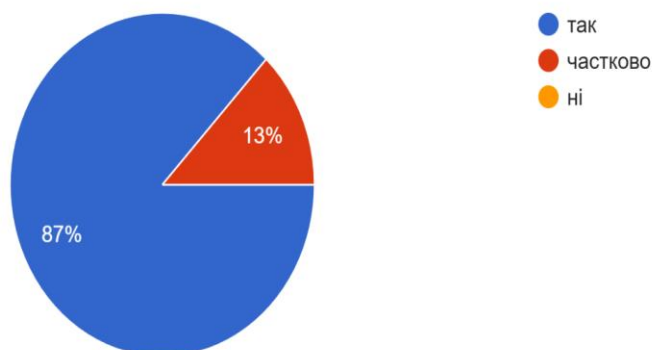
1. Чи стало тобі зрозуміліше, як працює фотосинтез?

23 відповіді



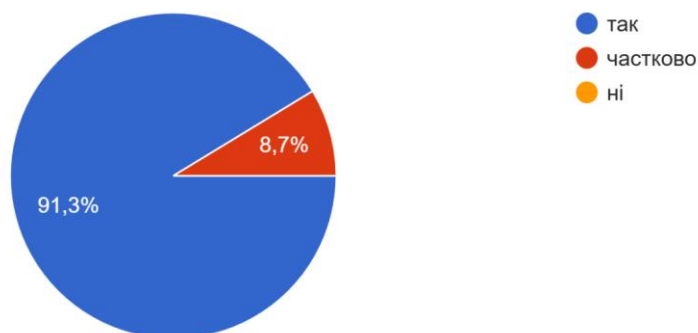
2. Чи був дослід цікавим та наочним для тебе?

23 відповіді



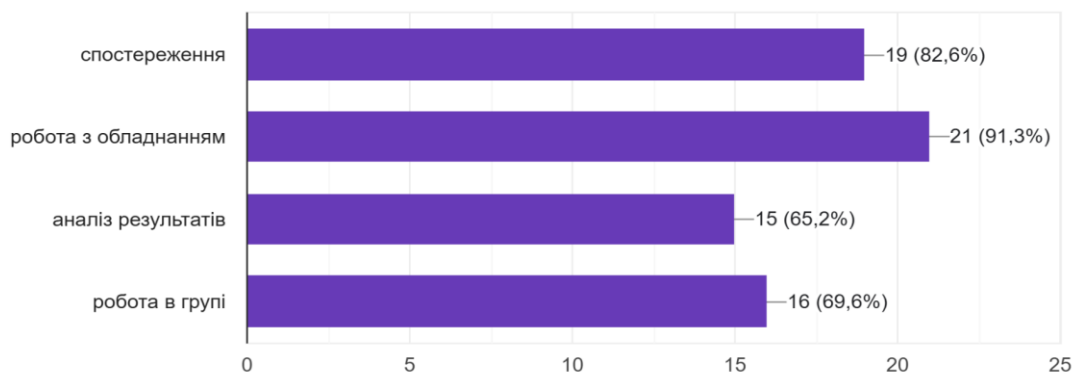
3. Чи допоміг дослід краще зрозуміти роль світла?

23 відповіді



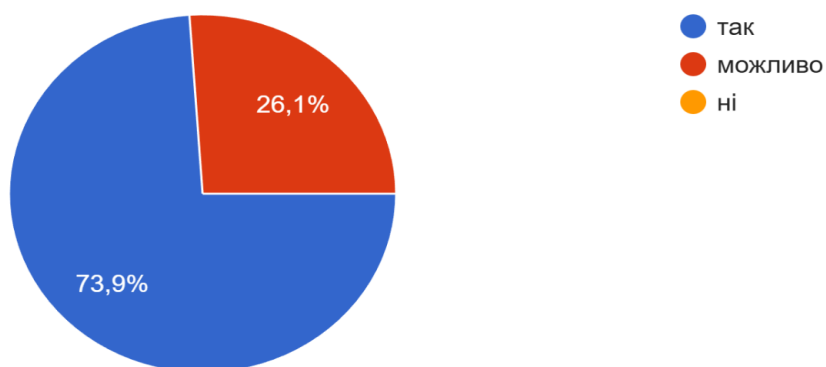
4. Які навички ти здобув?

23 відповіді



5. Чи хотів(ла) би виконувати схожі дослід у майбутньому?

23 відповіді



6. Як ти оцінюєш вплив добрив на інтенсивність фотосинтезу?

21 відповідь

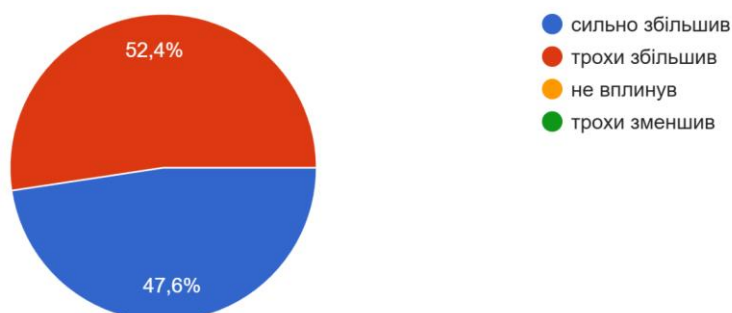


Рис. 2.4.3. Результати опитування школярів, після виконання проєкту

7. Твої враження від дослідів

11 відповідей

Чудові, хотілось би більше щоб таких дослідів проводилось, дуже дякую за те, що змогли так цікаво показати приклад того, як працює світло 😊

Дуже цікавий дослід

нормальні

Було цікаво

Мені дуже сподобалось

Добре

норм

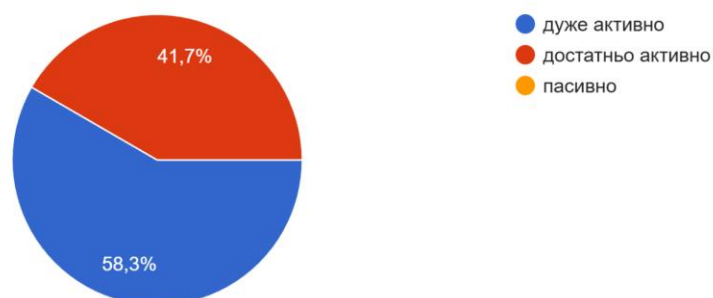
Було досить цікаво

хочу ще

Відповіді вчителів підтверджують результати. За їхніми спостереженнями більшість учнів працювала активно, брала участь у вимірюваннях та групових обговореннях. Основні труднощі стосувалися командної роботи (25%): діти не могли самостійно поділитися на групи, що призводило до конфліктів хто з ким працюватиме. Технічні труднощі зустрічались поодинокі (рис. 2.4.4).

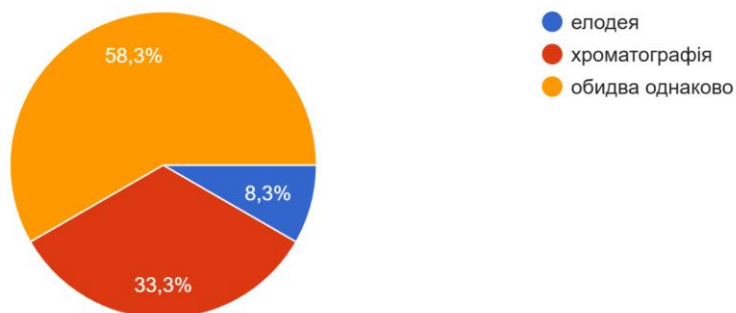
1. Як учні працювали в межах проєкту?

12 відповідей



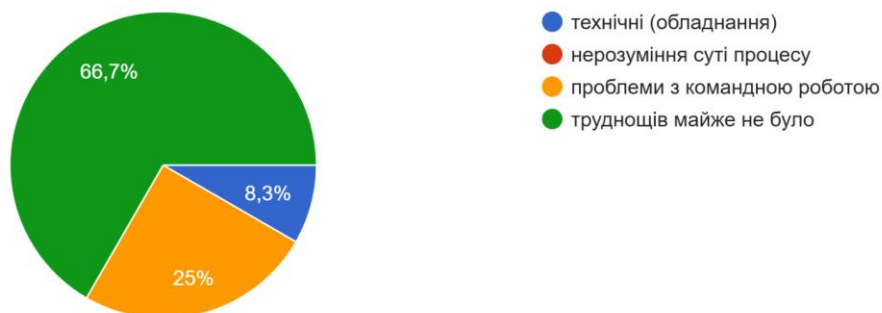
2. Який дослід викликав більшу зацікавленість?

12 відповідей



3. З якими труднощами стикалися під час проекту?

12 відповідей



4. Чи покращилися практичні навички учнів?

12 відповідей

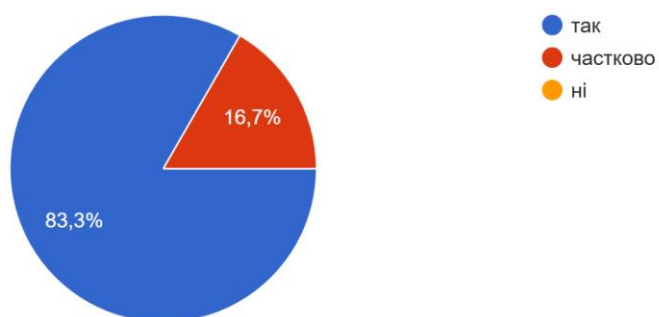


Рис. 2.4.4. Результати опитування вчителів після виконання проєкту

5. Ваші спостереження та рекомендації: (відкрита відповідь)

8 відповідей

Коли даєш вибір — наприклад, який сорт рослин досліджувати або які умови змінити — учні працюють відповідальніше і з більшим інтересом

Учні найкраще засвоюють матеріал, коли самі вимірюють бульбашки та ведуть таблицю. Рекомендую давати ролі в групах — це підвищує залученість. Якщо діти не можуть виділити ролі між собою - використовуйте жеребкування, щоб уникнути конфліктів

На уроці вимкнули світло, використовували ліхтарик від телефона)

Під час роботи дітям стало цікаво як температура води вплине на елодею і після проведення дослідів було сформовано наступний виновок: елодея реагує на світло швидше, якщо вода тепла, але не гаряча. Рекомендую попередньо виставити воду кімнатної температури.

При роботі в групі учні показували високу активність, при роботі з обладнанням та при розумінні ходу дослідів труднощів не виникало, тільки штатні ситуації при проходженні дослідів

Коригуйте дії дітей на кожному етапі та не дозволяйте переходити далі, якщо вони не виконали попередній етап до кінця. Якщо виникають сумніви, краще повторити етап заново, щоб уникнути

Наведені вище результати показують позитивну динаміку: рівень знань щодо фотосинтезу зріс у середньому на 40%, а інтерес до теми — приблизно на 45%. Виконання учнями проєкту сприяло значному освітньому ефекту та значно покращило розуміння теоретичного матеріалу та забезпечило формування практичних навичок.

Рекомендації для вчителів

На основі результатів опитування — відповідей учнів, виявлених труднощів, із якими стикалися вчителі, їхніх спостережень та порад запропоновано кілька рекомендацій щодо організації та проведення проєктної діяльності.

Рекомендації щодо проєктів:

1. Розподіл ролей у групі підвищує залученість учнів до дослідницької діяльності. Якщо школярі не можуть поділити ролі самостійно, варто зробити жеребкування, щоб уникнути конфліктів.

2. Розподіляйте виконання проєкту на зрозумілі кроки: підготовка до проведення дослідницької діяльності, виконання дослідження, аналіз отриманих результатів, презентація. Це допоможе учням працювати структуровано.
3. Переконуйтеся, що учні повністю завершили попередній етап, перш ніж переходити до наступного. У разі сумнівів – повторіть або уточніть дії, щоб уникнути помилок.
4. Забезпечте правильне користування лабораторним обладнанням, надавайте інструкції та контролюйте процес.
5. Враховуйте вікові особливості учнів (у 7–8 класах – більше наочних і простих дослідів; у 9–10 класах – аналітичні роботи, хроматографія, робота з даними та інтерпретація результатів).
6. Показуйте, як предмет дослідження пов'язаний із життям людини, екологією, агрономією, продуктами харчування.
7. Використовуйте різні формати подачі результатів. Презентації, постери, відео, міні-звіти, моделі листка чи хлоропласту – це розвиває творчість і навички комунікації.
8. Після проєкту проводьте коротке опитування або обговорення.
9. Школярі значно активніші, коли розуміють, для чого ми це робимо. Варто починати виконання проєкту із короткої розмови про практичну цінність дослідження.
10. Давайте учням вибір. Наприклад, яку рослину або сорт школяр хоче досліджувати, так вони працюватимуть з більшим інтересом.
11. Проєктна робота дає найкращий ефект, коли не втручатися в кожен крок виконання дослідження, а лише спрямовувати. Учні справді досягають успіхів, коли їм дозволяють пробувати й шукати власні рішення.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що дослідницька діяльності здобувачів загальної середньої освіти щодо впливу органо-мінеральних добрив на параметри фотосинтезу поглиблює теоретичні знання з цієї проблеми й сприяє формуванню дослідницьких умінь.
2. Виявлено, що застосування рекультиванту композиційного ТРЕВІТАН® у технології вирощування нуту звичайного сортів Скарб та Ярина сприяє накопиченню хлорофілів у листках. Встановлено сортові відмінності у накопиченні пігментів у листках нуту звичайного. Сорт Ярина характеризується більшим умістом хлорофілів у мезофілі листків порівнюючи з сортом Скарб у фазі цвітіння.
3. В онтогенезі нуту звичайного найбільшу кількість хлорофілів у мезофілі листків виявлено під час фази зеленого бобу сортів Скарб і Ярина. На накопичення каротиноїдів у листках рекультивант композиційний ТРЕВІТАН® статистично вірогідно не впливав. Упродовж індивідуального розвитку рослин параметри співвідношення (хлорофіли a+b)/каротиноїди збільшувались, що пов'язано із збільшенням кількості хлорофілів.
4. Доведено, що дослідницька діяльність в умовах Нової української школи є ключовим інструментом для оволодіння методами наукового пізнання природи, формування логічного і критичного мислення та стійкої пізнавальної мотивації здобувачів.
5. Аналіз програм з навчального предмету «Біологія і екологія» для 10–11 класів (рівень стандарту та профільний рівень) показав, що тема «Фотосинтез» вивчається в достатньому обсязі щодо теоретичного матеріалу, але потребують доповнення практичними роботами та дослідницькою діяльністю. Зокрема, обидві програми передбачають опанування механізмів фотосинтезу, ролі пігментів, світлової та темної фаз, однак акцент на практичній діяльності значно більший у профільному

рівні. Це підтверджує необхідність розширення дослідницької складової у програмі рівня стандарту.

6. Виявлено ефективність проведених навчальних дослідів (визначення пігментів методом хроматографії на папері та дослідження інтенсивності виділення бульбашок кисню за впливу світла) для формування в учнів умінь працювати з лабораторними інструментами, проведення спостережень за фізіологічними процесами у рослинах та аналізу результатів дослідницької роботи.
7. Результати анкетування показали, що більшість учнів після виконання дослідів краще зрозуміли механізми фотосинтезу. Учні відзначили підвищення інтересу до теми, розвиток практичних умінь та покращення розуміння значення умов середовища (світла та пігментів) у процесі фотосинтезу. Анкетування підтвердило, що дослідницький формат значно підсилює якість засвоєння теоретичного матеріалу та робить навчання більш осмисленим.
8. На основі виконаної роботи запропоновано рекомендації щодо організації дослідів з фотосинтезу в школі. Зокрема:
 - використовувати прості та безпечні методики (хроматографія на папері, варіювання освітлення і добрив, спостереження за листками);
 - поєднувати дослід з міні-дискусіями та прогнозуванням результатів;
 - забезпечувати чіткі інструкції та контроль виконання кожного етапу;
 - організовувати роботу в групах з розподілом ролей;
 - доповнювати дослід анкетуванням або рефлексією для оцінки залученості та розуміння матеріалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білик Н., Михайлик Л. Організація учнів профільних класів на наукову діяльність. Директор школи. 2006. вип. 23-24. С. 29–35.
2. Біологія і екологія (рівень стандарту) : підручник для 10-го класу закладів загальної середньої освіти / Л. І. Остапченко та ін. Київ : Генеза, 2019. 192 с.
3. Біологія і екологія (рівень стандарту) : підручник для 11-го класу закладів загальної середньої освіти / Л. І. Остапченко та ін. Київ : Генеза, 2019. 208 с.
4. Біологія. Навчальна програма для 10–11 класів (профільний рівень). Київ : МОН України, 2022. 69 с.
5. Біологія. Навчальна програма для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти (рівень стандарту). Київ : МОН України, 2022. 15 с.
6. Бугайчук А. Що таке метод проєктів? *Сучасна школа України*. 2017. вип. 1. С. 4–5.
7. Бушулян О. В. Модель високопродуктивного сорту нуту для степової зони України. Збірник наукових праць СГІ. 2009. вип. 14. С. 160–165.
8. Бушулян О. В., Січкарь В. І. Нут: генетика, селекція, насінництво, технологія вирощування. Одеса : СГІ, 2009. 246 с.
9. Василенко М. Г. Органо-мінеральні добрива і регулятори росту рослин в органічному землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2017. вип. 2. С. 11–18.
10. Векірчик К. М. Фізіологія рослин. Практикум. К.: Вища школа. Головне видавництво, 1984. 240 с.
11. Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи від 02.04.2021 р. № 12.2-18-1/6845. Технічні умови ТУ У 20.1-44141048-002:2021. Рекультивант композиційний. 2021.
12. Габенко Л. Екологічні проєкти в школі: з досвіду роботи. Біологія. Шкільний світ. 2019. вип. 3. С. 66–69.
13. Гадзало Я. М., Камінський В. Ф. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні. Київ : Аграрна наука, 2016. 592 с.

- 14.Голубенко М. Взаємодія учня і вчителя у площині проєктної діяльності : матеріали роботи творчої групи педагогів Волинської області. Проєктна діяльність у школі. Київ : Шкільний світ. С. 38–51.
- 15.Голубенко Н. Фотосинтез і хемосинтез. Методичні рекомендації до бінарного уроку в 10 класі. Біологія. Шкільний світ. 2007. вип. 1. С. 4–11.
- 16.Грабовий А. Хімічний експеримент як чинник проєктної діяльності учнів. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2018. вип. 1. С. 6–12.
- 17.Гуляев Б. І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліття: збірник наукових праць*. 2001. Т. 1. С. 60–74.
- 18.Дзендзель А. Ю. Рекультивант композиційний Trevitan™ – новий комплексний препарат для прискорення росту і розвитку рослин // *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2021* : матеріали всеукр. наук.-практ. конф., присвяченої 50-річчю кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін і 100-річчю від дня народження проф. І. В. Шуста. Тернопіль : Вектор, 2021. С. 76–77.
- 19.Дзендзель А. Ю., Пида С. В. Рекультивант композиційний Trevitan™ – новий комплексний препарат для швидкої регенерації ґрунту. *Освітні та наукові виміри природничих наук* : зб. матеріалів II Всеукр. заочної наук. конф., (8 грудня 2021 р. Суми). Суми: Сум ДПУ імені А. С. Макаренка, 2021б. С. 51–53.
- 20.Дзендзель А. Ю., Пида С. В. Рекультивант композиційний Trevitan™ – новий комплексний препарат для обробки насіння і посадкового матеріалу. *Еко Форум – 2021*: збірка тез доповідей V спеціалізованого міжнар. Запорізького екологічного форуму, (14-16 вересня 2021 р., Запоріжжя). Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2021а. С. 45-46.
- 21.Карпенко В. П., Коробко О. О. Вплив гербіциду і біологічних препаратів на фотосинтетичну продуктивність і врожайність нуту. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. вип. 2. С. 48–54.

- 22.Каталог сортів та гібридів селекційно-генетичного інституту національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. Одеса, 2023. 128 с.
- 23.Кліпакова Ю. О. Вміст хлорофілу та його продуктивність в листках рослин пшениці озимої під впливом протруйників. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції* : матеріали міжнар. Наук.-практ. Форуму. 2019. вип. 1. С. 74–75.
- 24.Корсун С. Г., Клименко І. І. Екотоксикологічний статус систем удобрення культур зерно-просапної сівоzmіни : монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2018. 212 с.
- 25.Кравченко О. В., Шевченко О. М. Вплив органо-мінеральних добрив на вміст фотосинтетичних пігментів та продуктивність озимої пшениці. *Агрономія*. 2020. вип. 2. С. 45–50.
- 26.Лозова Т. В. Формування експериментальних умінь учнів. Хімія. 2017. вип. 3/4. С. 29–34.
- 27.Мадар Л. А. Експериментальні завдання як засіб формування дослідницької компетентності : магістерська робота. Тернопіль, 2023. 55 с.
- 28.Мармуль Л. О., Новак Н. П. Розвиток органічного виробництва в Україні на засадах кооперації. *Економіка АПК*. 2016. вип. 9. С. 26–32.
- 29.Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017–2018 навчальний рік. / І. П. Василяшко та ін. *Методист*. 2017. вип. 7. С. 38–43.
- 30.Мигда О. Міжпредметні проекти в процесі реалізації навчальної програми з біології. Біологія. Шкільний світ. 2017. вип. 1. С. 30–32.
- 31.Мірошник С. І. Теоретичні основи навчальної проектної діяльності учнів. *Народна освіта*. Електронне наукове фахове видання. 2014. вип. 2(23). URL :https://www.narodnaosvita.kiev.ua/?page_id=2383

32. Нікітченко Л. Дослідницька діяльність як невід’ємна складова шкільної біологічної освіти. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені М. Коцюбинського*. 2024. вип. 6. С. 24–33. (Теорія та методика навчання природничих наук).
33. Нут звичайний. SuperAgronom.com. Селекційно-генетичний інститут (НААН України). URL: <https://superagronom.com/nasinnya-zernobobovi-nut> (дата звернення: 10.08.2025).
34. Органо-мінеральне добриво. Agrovinn.com. URL: <https://agrovinn.com/ua/udobrenie-mineralno-organicheskoe/organo-mineralnoe-udobrenie/> (дата звернення: 05.08.2025).
35. Особливості організації дослідницької діяльності учнів у сучасному закладі освіти : матеріали обласної науково-практичної Інтернет-конференції. Черкаси : КНЗ «Черкаський обласний інститут післядипломної освіти педагогічних працівників Черкаської обласної ради, 2018. 103 с.
36. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-е вид., виправ., доповн. Львів : НВФ Українські технології, 2020. 806 с.
37. Пида С. В., Чернік І. В., Тригуба О. В. Динаміка вмісту фотосинтетичних пігментів у листках *Cicer arietinum* L. за впливу бактеріальних препаратів. *Український журнал природничих наук*. 2024. вип. 8. С. 46–55.
38. Прокопчук О. А. Проектна технологія на уроках біології. *Біологія*. 2019. вип. 22/24. С. 4–18.
39. Серватинська Н. Метод проєктів як спосіб виховання учнів особистісних навичок. *Сучасна школа України*. 2017. вип. 1. С. 28–33.
40. Соболев В. І. Біологія і екологія (рівень стандарту) : підручник для 11-го класу закладів загальної середньої освіти. Кам’янець-Подільський : Абетка, 2019. 256 с.

- 41.Стасик О. О., Кірізій Д. А., Прядкіна Г. О. Фотосинтез і продуктивність: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53, вип. 1. С. 160–184.
- 42.Федорич Х. Дослідницька діяльність як процес самореалізації особистості. *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*. 2014. вип. 2. С. 382–387.
- 43.Фурсова В. О., Гнілуша Н. В. Хлорофіл та його властивості. *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2015. вип. 1. С. 101–102.
- 44.Шадчина Т. М., Гуляєв Б. І., Кірізій Д. А. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.
- 45.Щеглакова Д. В. Розробка уроку з використанням методу проєктів: календарно-тематичне планування, 9 клас. Біологія. 2018. вип. 34/36. С. 81–97.
- 46.Elkoca E., Kantar F., Fikrettin S. Influence of Nitrogen Fixing and Phosphorus Solubilizing Bacteria on the Nodulation, Plant Growth, Yield of Chickpea. *Journal of Plant Nutrition*. 2008. вип. 31. С. 157–171.
- 47.STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. Київ : ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 2017. 160 с.
- 48.Tatar O., Ozalkan C., Atasoy G. Partitioning of dry matter, proline accumulation, chlorophyll content and antioxidant activity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants under chilling stress. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2013. вип. 19. С. 260–265.
- 49.Ullah A., Zeb A., Saqib S.E. & Kachele H. Constraints to agroforestry diffusion under the Billion Trees Afforestation Project (BTAP), Pakistan: policy recommendations for 10-BTAP. *Environ Sci Pollut Res* 2022. Vol. 29. P. 68757–68775. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20661-9>

50. Wellburn A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*. 1994. вип. 2. С. 307–313.
51. Yield and Grain Quality of Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) Depending on the Different Farming Systems (Organic vs. Integrated vs. Conventional) / K. Mitura та ін. *Plants*. 2023. Т. 12, вип. 5. С. 10–22. URL: <https://doi.org/10.3390/plants12051022>.

ДОДАТКИ

Додаток А

Фото учнів 10 класу ItStep School під час виконання досліду: Розподіл фотосинтетичних пігментів методом хроматографії на папері



Фото 1. Подрібнення листків для отримання рослинної маси



Фото 2. Перетирання листкової маси для виділення пігментів



Фото 3. Фільтрування суспензії та нанесення спиртової витяжки пігментів на хроматографічні смужки паперу



Фото 4-5. Встановлення хроматографічних смужок у спиртовий розчин та спостереження за процесом розділення пігментів.

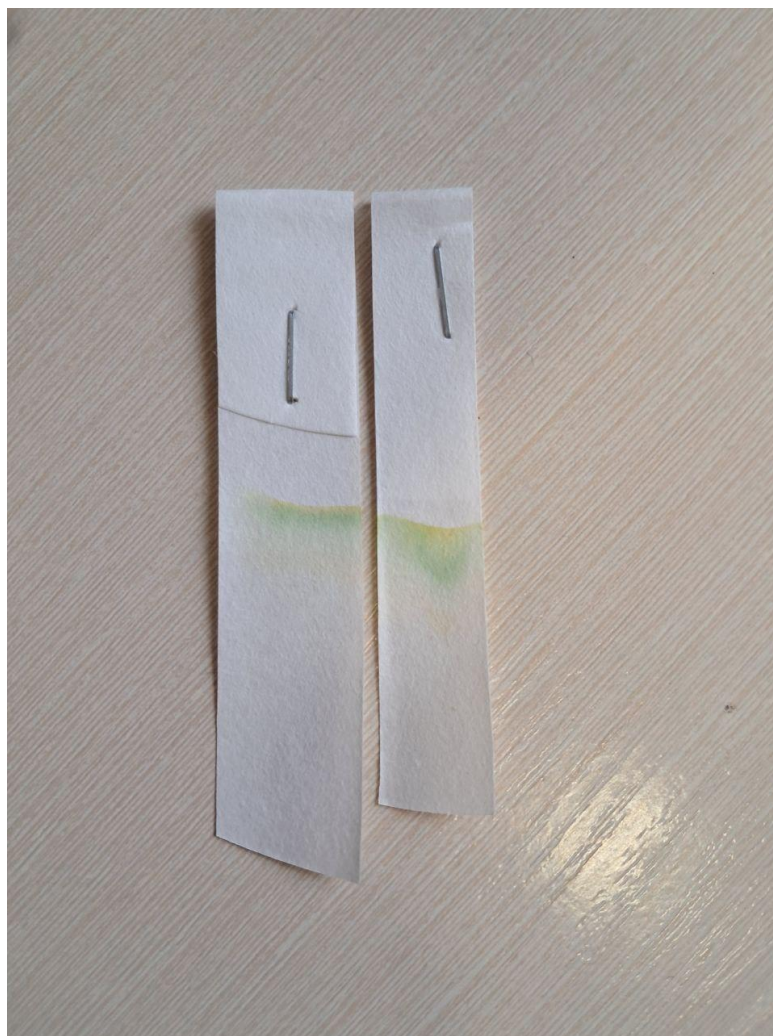


Фото 6. Отримані результати хроматографічного розділення фотосинтетичних пігментів