

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

МАЛАХОВСЬКИЙ ІВАН ІВАНОВИЧ

Допускається до захисту
В.о. завідувача кафедри ботаніки
та екології, к.б.н., доцент
_____ О.В. Машталер
« ____ » _____ 2024 р.

**ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ НАСІННЯ ДЕЯКИХ ВИДІВ
ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН НА ЇХ РОСТОВІ ПАРАМЕТРИ**

Спеціальність 091 Біологія та біохімія
Кваліфікаційна (магістерська) робота

Науковий керівник:
Л.О. Мікуліч, старший викладач
кафедри ботаніки та екології

_____ підпис

Науковий консультант:
О.С. Руденко,
д-р біол. наук, професор
кафедри ботаніки та екології

_____ підпис

Оцінка: / ____ / ____
/ ____

(бали за шкалою ЄКТС/ за національною
шкалою)

Голова ЕК: _____
(підпис)

Вінниця 2024

АНОТАЦІЯ

Малаховський І.І. Вплив лазерного опромінення насіння деяких видів лікарських рослин на їх ростові параметри. Спеціальність 091 «Біологія та біохімія», Освітня програма «Біологія». Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2024.

У кваліфікаційній роботі досліджено вплив опромінення насіння світлодіодними лазерами на ростові параметри лікарської рослини *Pimpinella anisum* L.. Встановлено, що LED лазерне опромінення позитивно впливає на ростові параметри та проростання лікарських рослин. Проаналізовано вплив лазерного опромінення насіння червоним і синім світлом на вміст хлорофілу а та хлорофілу b у проростках. Встановлено, що різні спектри опромінення по-різному впливають на фотосинтетичний апарат рослин, сприяючи зміні концентрації цих пігментів. На вміст хлорофілу а і хлорофілу b достовірно впливало комбіноване(червоне і синє світло) лазерне опромінення насіння.

Визначено, що *Pimpinella anisum* L. найкраще реагує на дію червоного спектру світла за дворазового опромінення червоним лазером. Такий режим опромінення стимулює прискорене проростання насіння та активізує фізіологічні процеси в рослині, сприяючи її подальшому розвитку.

Ключові слова: опромінення LED лазерами, аніс лікарський, ростові параметри, лікарські рослини, хлорофіл а, хлорофіл b.

42 с., 4 табл., 7 рис., 70 джерел

Malakhovskyi I.I. Influence of seeds laser irradiation of some species of medicinal plants on their growth parameters. Specialty 091 «Biology and Biochemistry», Programme «Biology», Vasyl' Stus Donetsk National University, Vinnytsia, 2024.

The qualification work investigated the effect of seed irradiation with LED lasers on the growth parameters of a medicinal plant (*Pimpinella anisum* L.). It was found that LED laser irradiation has a positive effect on the growth parameters and germination

of medicinal plants. The effect of laser irradiation of seeds with red and blue light on the content of chlorophyll a and chlorophyll b in seedlings was analyzed. It was found that different radiation spectra affect the photosynthetic apparatus of plants differently, contributing to changes in the concentration of these pigments. The content of chlorophyll a and chlorophyll b was significantly affected by combined (red and blue light) laser irradiation of seeds.

It was determined that *Pimpinella anisum* L. responds best to the action of the red spectrum of light under double irradiation with a red laser. This irradiation mode stimulates accelerated seed germination and activates physiological processes in the plant, contributing to its further development.

Keywords: irradiation with LED lasers, anise, growth parameters, medicinal plants, chlorophyll *a*, chlorophyll *b*.

Page 42, Tabl. 4, Fig. 7, Bibliography: 70 items.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	8
1.1 Лікарські рослини та їх практичне значення	8
1.2 Вплив лазерного опромінення на ростові параметри рослин	11
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКИ ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	16
2.1 Об'єкт дослідження та його біологічна характеристика	16
2.2 Методики досліджень	22
РОЗДІЛ 3. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ	25
3.1 Вплив лазерного опромінення на ростові процеси насіння <i>P. anisum</i> ..	25
3.2 Вплив опромінення насіння на вміст пігментів в проростках <i>P. anisum</i> ..	29
3.3 Вплив опромінення лазера на сиру та суху масу <i>P. anisum</i>	30
ВИСНОВКИ.....	34
Підсумок роботи та висновки.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35

ВСТУП

Актуальність роботи. Лікарські рослини містять біологічно активні речовини та є джерелом отримання лікарської сировини. Вони є джерелом для отримання різноманітних лікарських речовин(алкалоїдів, вітамінів). Низька токсичність більшості лікарських рослин дозволяє використовувати їх у лікуванні хронічних захворювань, для проти рецидивного або реабілітаційного лікування [5, 13, 69]. Наразі по всьому світі для збільшення врожайності застосовують різноманітні хімікати та добрива у надмірній кількості. Такі методи призводять до погіршення складу ґрунту, забруднення навколишнього середовища, відбувається накопичення шкідливих для людини і тварин кількостей нітратів у рослинах, знижується якість вихідної сировини. Тому виникла потреба у винайденні інших методів підвищення врожайності. Почали досліджувати різні стимулятори і регулятори росту як природного, так синтетичного походження [70]. Стимулятори росту, які існують на сьогоднішній день дають змогу не тільки регулювати кількість поживних речовин, що потрапляє до рослин, а і протистояти негативним природним факторам, які знижують проростання та врожайність [70]. Експериментально підтверджено, що використання ефективних стимуляторів росту може забезпечити приріст врожайності до 30%. До того ж, ці стимулятори можуть застосовуватись для широкого кола сільськогосподарських культур [1]. За допомогою цих препаратів можна підвищити вміст рослинного білка і клейковини у злаків (наприклад, у пшениці) [5]. Велику увагу привертають до себе фізичні фактори впливу на різні частини та рослину в цілому, адже дозволяють отримати екологічно чистий продукт. Перш за все негативний вплив на рослини здійснюють посуха, заморозки, дефіцит природного тепла і світла [70]. Зменшити негативний вплив цих несприятливих факторів покликані засоби, що стимулюють ріст [70Помилка! Джерело посилання не знайдено.]. Стимулятори росту дозволяють уникнути ці небажані негативні наслідки впливу на рослину. Велика кількість наукових досліджень доводить, що за обробки насіння

стимуляторами росту сходи стають витривалішими, вони швидше розвиваються і мають потужнішу кореневу систему [61]. Оброблена стимуляторами розсада має кращу стійкість до захворювань і шкідників, швидше адаптується до нових умов існування [5].

Експериментально досліджено вплив різних лазерів на ріст, розвиток, продуктивність та врожайність, така стимуляція дозволяє підвищити схожість і енергію росту в межах 20%. Крім того спектр рослин, які піддаються стимуляції, досить широкий [32].

Тема: Вплив лазерного опромінення насіння деяких видів лікарських рослин на їх ростові параметри.

Мета: дослідити вплив лазерного опромінення на проростання насіння, ростові і фізіологічні показники *Pimpinella anisum* L.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні завдання:

1. Визначити вплив лазерного випромінювання на ростові параметри корневих систем та надземної частини *Pimpinella anisum* L.
2. Проаналізувати дію комбінованого лазерного опромінення з довжиною хвилі 635 та 405 нм на вміст хлорофілу *a* і *b* досліджуваного виду.

Об'єкт дослідження: ростові та фізіологічні параметри лікарської рослини *Pimpinella anisum* L.

Предмет дослідження: вплив комбінованого лазерного опромінення на деякі ростові та фізіологічні параметри рослин *P. anisum* L.

Методи дослідження: дослідження проводили з використанням лабораторних методів, спектрофотометричного методу та статистичного методу обробки отриманих результатів

Практичне значення роботи полягає у використанні енергозберігаючих лазерних систем червоного та синього світла на ростові параметри в проростках лікарських рослин і стимулювання синтезу пігментів. Такий підхід створює сприятливі умови для подальшого розвитку та формування врожаю рослин і зменшенню використання хімічних стимуляторів, що сприяє екологічній безпеці та зниженню витрат на вирощування лікарських культур.

Структура і обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається зі вступу, 3 розділів, огляду літературних джерел, об'єктів та методів дослідження, експериментальної частини та висновків викладених на сторінках друкованого тексту. Список використаних джерел складається з 70 найменувань. Загальний обсяг роботи 42 сторінок. Робота містить 4 таблиці, 8 рисунків.

Дослідження проводилось протягом 2023-2024 рр. на кафедрі ботаніки та екології Донецького національного університету імені Василя Стуса.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Лікарські рослини та їх практичне значення

Лікарські рослини - група культурних і дикорослих рослин, що належать до різних таксономічних категорій (родин, родів, видів, підвидів тощо) і об'єднані спільною ознакою: наявністю в їхніх вегетативних та генеративних органах (як підземних - коренях, кореневищах, так і надземних - стеблах, листках, квітках, плодах, насінні тощо) речовин різного хімічного складу [14]. До них належать алкалоїди, глікозиди, флавоноїди, фітонциди, сапоніни, терпени, дубильні речовини, барвники, ефірні олії та інші компоненти, корисні для людини і придатні для застосування у лікуванні та профілактиці хвороб різних органів і систем [14]. Знання про лікарські рослини постійно розширювалися, а дослідження їхніх властивостей і хімічного складу стали стимулом для розвитку фармацевтичної хімії, яка згодом переросла у науку, спрямовану на синтез штучних ліків [62, 63].

Ще з давніх часів люди використовують лікарські рослини. Під час онтогенезу рослинних організмів у них утворюється велика кількість біологічно активних речовин (БАР), які здатні впливати на фізіологічні процеси тварин і людей, такі рослини називають лікарськими. Їх широко використовують для приготування препаратів різного спрямування. Сучасна наука визнала ефективність лікарських рослин, включивши до сучасної фармакотерапії низку рослинних препаратів, відомих ще стародавнім цивілізаціям і застосовуваних протягом тисячоліть [32]. Із 250 тисяч відомих у світі видів вищих рослин понад 80 тисяч використовуються в медичних цілях. Фітопрепарати активно використовуються в медичній практиці і займають важливе місце в лікувальній справі [50]. Ліки на рослинній основі належать до різних фармакотерапевтичних груп лікарських засобів і часто не мають аналогів серед синтетичних препаратів. У терапії та профілактиці серцево-судинних, шлунково-кишкових, нервових захворювань, а також хвороб печінки та нирок, на рослинні препарати припадає понад 50% усіх засобів [50]. Зростання попиту на рослинні ліки та біологічно активні добавки за останні

десятиліття призвело до необхідності розширення виробництва, удосконалення технологій переробки, збільшення обсягів заготівлі рослинної сировини та підвищення стандартів її якості [50].

Аптечні мережі, фармацевтична галузь та експортні організації стикаються з дефіцитом сировини багатьох лікарських рослин [50]. Це зумовлено скороченням площ природних рослинних угруповань, забрудненням довкілля, а також тривалою безконтрольною експлуатацією дикорослих лікарських рослин [50]. Дефіцит також пояснюється відсутністю достовірної інформації про місця зростання деяких лікарських рослин та відсутністю централізованої, заздалегідь спланованої заготівлі сировини [50].

Нині особливо актуальним є питання оптимізації використання та відновлення фітосировинної бази, оскільки розвиток цього напрямку має державну вагу [50]. Для вирішення проблеми необхідна ретельна оцінка стану та моніторинг природних рослинних ресурсів України, із застосуванням стандартизованих методів досліджень, а також ресурсне обстеження лікарських рослин [50].

Лікувальні властивості рослин зумовлені здебільшого специфічними хімічними речовинами, що входять до їх складу [6]. Вчені відкрили більше 4 мільйонів органічних сполук, більшість з яких мають лікувальну дію [6].

Усі живі організми на Землі, незалежно від походження, мають спільну основу обміну речовин [6]. Фундаментом життєвих процесів є білки, що утворюються на матрицях - молекула ДНК і РНК, які зберігають фенотипові та генотипові ознаки [6]. Всі інші продукти білкового синтезу подібні у різних організмів, що обумовлено циклічним процесом поїдання одних організмів іншими [6]. Зелені рослини синтезують органічні речовини, які використовуються гетеротрофними організмами, повертаючись у вигляді простих компонентів, знову доступних для рослин [6].

Зелені рослини у процесі фотосинтезу здатні утворювати будь-які, необхідні органічні сполуки [6]. Тварини(в тому числі людина), а також інші незелені рослини такої здатності не мають, тобто ці речовини є незамінними і

мають надходити з-зовні до організму [6]. *«Лікувальна дія рослин полягає у єдності обміну речовин у живих клітинах»* [6].

Лікарські рослини мають важливе значення для людини:

1. Мобілізація захисних сил людського організму. Організм людини володіє імунними системами проти багатьох захворювань, але не завжди дані системи належним чином активуються для боротьби з чужорідними агентами чи молекулами [6]. Проте є речовини, які будуть активувати противірусні механізми в клітинах людського організму [6].

2. Антиалергенна дія. Алергічні реакції часто спричиняють не віруси, бактерії чи патогенні мікроорганізми, а пилок, шерсть і т.д. [6]. Для боротьби з алергією потрібно усунути фактор, який її спричинив та полегшити симптоматику [6]. Певні рослини чи їхні екстракти володіють антиалергенними властивостями.

3. Посилення секреції. «Це досягається потогінними, сечогінними, жовчогінними, проносними й такими, що викликають чхання, полегшують кашель та відхід мокрот, клізмами та іншими засобами» [6].

4. Посилення припливу крові до окремих органів. Це досягається завдяки адаптогенам(женьшень, аралія, лимонник), які діють на організм в цілому та стимулюють його діяльність, тим самим збільшуючи здатність переносити втому, стрес [6].

5. Припинення кровотечі. Досягається шляхом підвищення згортання крові (активація протромбіну) чи дією дубильних речовин, які спричиняють вазоконстрикцію і зменшать прилив крові до пошкоджених ділянок [6].

6. Посилення поділу клітин. Потрібне для загоєння ран, виразок і відновлення слизових оболонок, наприклад суміш гуміфікованих речовин - муміє. Проте варто бути обережним, оскільки при підозрі на онкологію муміє може спричинити серйозні ускладнення чи навіть летальний вихід [6].

7. **Ферментативна дія.** Препарати створені на основі рослин містять активні ензими(папаїназа – аналог хемотрипсину) чи ті, які стимулюють синтез нових ферментів [8].

8. **Вплив на нервову систему.** Широкий спектр та характер дії мають, зокрема алкалоїди, які чинять вплив на ЦНС та ВНС. Ефекти впливу різняться від збуджуючого до снодійного. Більшість алкалоїдів знаходяться під суворим контролем та наглядом, наприклад нейротропні, оскільки викликають звикання та отруєння.

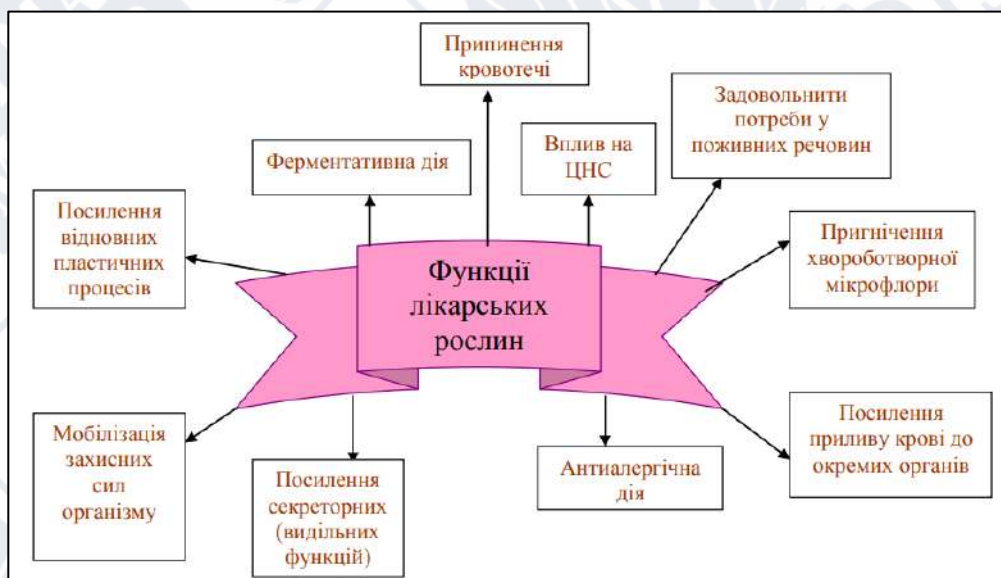


Рис.1.1 Функції лікарських рослин [8].

1.2 Вплив лазерного опромінення на ростові параметри рослин

Лазерне випромінювання – вимушене випускання атомами речовини порцій-квантів електромагнітного випромінювання за допомогою лазерів [31]. Випромінювання лазера відрізняється від випромінювання звичайних джерел кольору такими характеристиками:

- високої спектральною щільністю енергії (світло генерується з однією довжини хвилі, одного кольору та з постійною частотою; до появи лазерів монохроматичного випромінювання можна було отримати тільки за допомогою високоякісних фільтрів) [64];

-монохроматичністю (хвилі випромінювання знаходяться в одній фазі, або мають постійну різницю фаз, що призводить до складання амплітуд і таким чином до отримання дуже інтенсивного випромінювання) [64];

- високою тимчасовою і просторовою когерентністю [64];

-високою стабільністю інтенсивності лазерного випромінювання в стаціонарному режимі [64];

- можливістю генерації дуже коротких світлових імпульсів [64].

-незначною розбіжністю, або майже повна його паралельність (дає можливість передавати енергію променів на відстань без значних втрат) [64].

Серед переваг лазерної активації передпосівних якостей рослин є підвищення ґрунтової схожості та енергії проростання на 15-30 %; зниження норми висіву на 15-20%; збільшення кореневої маси і глибини залягання кореня; обеззаражування насіння і живців, підвищення стійкості їх до патогенної мікрофлори; збільшення споживання живців на 10-20 %; скорочення термінів переходу до цвітіння та дозрівання на 1-2 роки; автоматизація процесу підготовки насіння і вихід від традиційних способів: стратифікації скарифікації та ін.; скорочення термінів вирощування насіння і саджанців до стандартних розмірів. Опромінення червоним лазером не завжди сприяє покращенню показників ростових параметрів лікарських рослин [22].

Численною кількістю наукових досліджень доведено, що опромінення насіння має позитивний вплив на кореневу систему та плоди [28, 44, 45, 46, 59]. Варто зазначити, що обробка когерентними монохроматичними променями червоного (довжина хвилі 635 нМ) та синього (405 нМ) спектру не спричиняє генетичні мутації у рослин та тварин. Нині розроблено шалену кількість фізичних інструментів та технологій для передпосівної обробки насіння. Слід зауважити, що опромінення – лише один з етапів, який веде до отримання бажаного результату. Надважливими факторами, які необхідно врахувати: біологічні особливості дослідного об'єкта, видова приналежність, схеми опромінення, умови зростання, кислотність або лужність ґрунту. Результати багатьох досліджень свідчать, що низько інтенсивне лазерне

випромінювання червоним та синім світлом стимулює процеси росту і розвитку в рослинних тканинах, збільшує кількість пророслих насінин на початкових стадіях росту рослин як це показано з дослідів В. Крижанівський, який здійснювався на видіві диня звичайна *Melo sativus* сорту Амал F1 (Amal) [28].

Ю.Г. Приседський та С.С. Гутянська в своїй роботі відзначили позитивний вплив опромінення насіння червоним та синім лазером на вміст і схожість на ранні етапи розвитку олійних рослин, а також на вміст хлорофілу а, b [46].

В роботі К. Скварко та Т. Починок досліджено дію низькоенергетичного гелій-неонового лазерного випромінювання, червоного та УФ-С-світла на схожість і швидкість проростання насіння *Carlina acaulis* L. та *Carlina onopordifolia* Bess. на початкових етапах онтогенезу [59].

Ю. Приседський та Л. Ніщенко в своєму дослідженні висвітлюють можливості використання передпосівного опромінення червоним світлодіодним лазером для підвищення стійкості робінії звичайної та гледичії колючою при забрудненні ґрунту фторидами та сполуками сірки [45]. Так, світлодіодне опромінення у більшості варіантів зменшує негативний вплив забруднення на паростки досліджуваних видів [45].

Отримані результати М. Мартиненко та В. Переверзева, переконливо свідчать про найбільшу ефективність використання лазерного опромінення насіння на низьких фонах мінеральних добрив та мікроелементів і, навіть, зовсім без них, що дає можливість застосування цього напрямку для розробки та впровадження екологічно безпечних вирощування сільськогосподарських культур [34]. Проводяться дослідження по вивченню механізмів He-Ne лазеру на рослини [34].

Експеримент проведений Л. О. Мікуліч, Ю. Г. Приседський, О. В. Машталер, А. В. Поліщук підтверджує, що позитивний ефект було зафіксовано при комплексному опроміненні червоним та синіми лазерами з найбільшою тривалістю опромінення, середні значення коренеутворення дало

комплексне опромінення з меншою тривалістю або опромінення одною лазерною системою [35].

Дослідження [67] проведене Т. С. Шаївська підтверджує, що «лазерне опромінення червоним та синім лазером вірогідно підвищує енергію проростання насіння» [67]; «опромінення рослин лазером червоного та синього кольору має більший ефект порівняно з рослинами не опроміненими, завдяки чому загальна маса збільшується в 2, а то й в 6 разів» [67].

Результати експерименту [12] проведений О. Воколюк доводять, що «опромінення LED лазерними системами позитивно впливає на *Thymus serpyllum* L. та *Origanum vulgare* L., на їх ростові параметри: скорочуються строки проростання насіння (з 22 до 15 днів), в цілому збільшується довжина кореня та пагону» [12]. «*Origanum vulgare* L. краще реагує на синій спектр світла і її проростання проходить набагато швидше, а *Thymus serpyllum* L. навпаки краще реагує на червоний спектр світла» [12].

Спираючись на результати експерименту [52], проведений Б. Рогожук, можна зазначити, що лазерне опромінення сприяє покращенню розвитку рослин, але воно не може повністю захистити від впливу зовнішніх факторів [52]. Найкращий ефект після було виявлено при комбінованому опроміненні, оскільки воно позитивно вплинуло схожість, проростання та ростові параметри рослини в цілому [52]. «Довжина кореня при комбінованому опроміненні майже у два рази більше за контроль, різниця в даних залежить від способу обробки насіння. Такий же вплив воно мало і на висоту стебла» [52].

Підсумовуючи можна сказати, що фотоактивовані рослини, як правило, швидше ростуть, розвиваються, характеризуються більшою асиміляційною поверхнею, інтенсивним розвитком надземної та кореневої маси, що в остаточному результаті підвищує їхню врожайність, продуктивність і товарність [21]. Скановане лазерне опромінення насіння збільшує фотореактивність дослідних рослин, а саме активує механізми виведення насіння зі стану спокою у порівнянні з неперервним [22]. Варто врахувати

видову специфічність лікарських рослин до лазерного опромінення, оскільки реакція рослин на такий вплив залежить від їхніх фізіологічних, біохімічних та морфологічних особливостей. Це дозволить, в свою чергу:

1. Оптимізувати ефективність обробки: Підбір параметрів лазерного опромінення з урахуванням видового складу рослин сприяє досягненню максимального позитивного ефекту, такого як підвищення схожості, біомаси чи вмісту біологічно активних речовин.

2. Запобігти можливим негативним наслідкам: Неправильно підібрані умови опромінення можуть призвести до стресу або пошкодження тканин рослин, що знижує їх продуктивність і лікарську цінність.

3. Підвищити якість і стандартизацію сировини: Лазерне опромінення з урахуванням специфічності виду може сприяти збільшенню вмісту біологічно активних речовин, що важливо для отримання високоякісної лікарської продукції.

4. Економія ресурсів: Раціональний підхід до обробки дозволяє мінімізувати енергетичні й матеріальні витрати, спрямовуючи зусилля на види, які найбільш чутливі й позитивно реагують на опромінення.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКИ ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об'єкт дослідження та його біологічна характеристика

Біологічна характеристика. Аніс лікарський (*Pimpinella anisum* L.) – однорічна трав'яниста опушена рослина висотою 25-60 см родини Аріасеае – окружкові [6].

Систематичне положення виду

Царство: Рослини (*Plantae*)

Відділ: Покритонасінні (*Magnoliophyta*)

Клас: Дводольні (*Magnoliopsida*)

Порядок: Аралієцвіті (*Araliales*)

Родина: Окружкові (*Apiaceae*)

Рід: Бедринець (*Pimpinella*)

Вид: аніс лікарський (*Pimpinella anisum* L.)

Корінь стрижневий, з невеликими бічними розгалуженнями, тонкий, проникає у ґрунт на глибину 50-60 см.

Стебло прямостояче, циліндричне, борозенчасте, розгалужене у верхній частині, 45-70 см заввишки [6]. Листки розташовані на стеблі почергово: нижні довгочерешкові, серцеподібні; серединні – короткочерешкові, трійчастороздільні; верхні – двічі- або тричіперисторозсічені [6]. Прикореневі листя анісу - округло-серцеподібні довгочерешкові, середні - клиновидні, перисторозсічені з короткими черешками, верхні листки - трироздільні сидячі [38].

Квітки анісу – дрібні, п'ятипелюсткові мають біле забарвлення, зібрані у складні зонтики, що об'єднують 7–8 простих, в кожному з яких може бути від 7 до 20 квіток. Суцвіття розміщуються на довгому квітконосі [6].

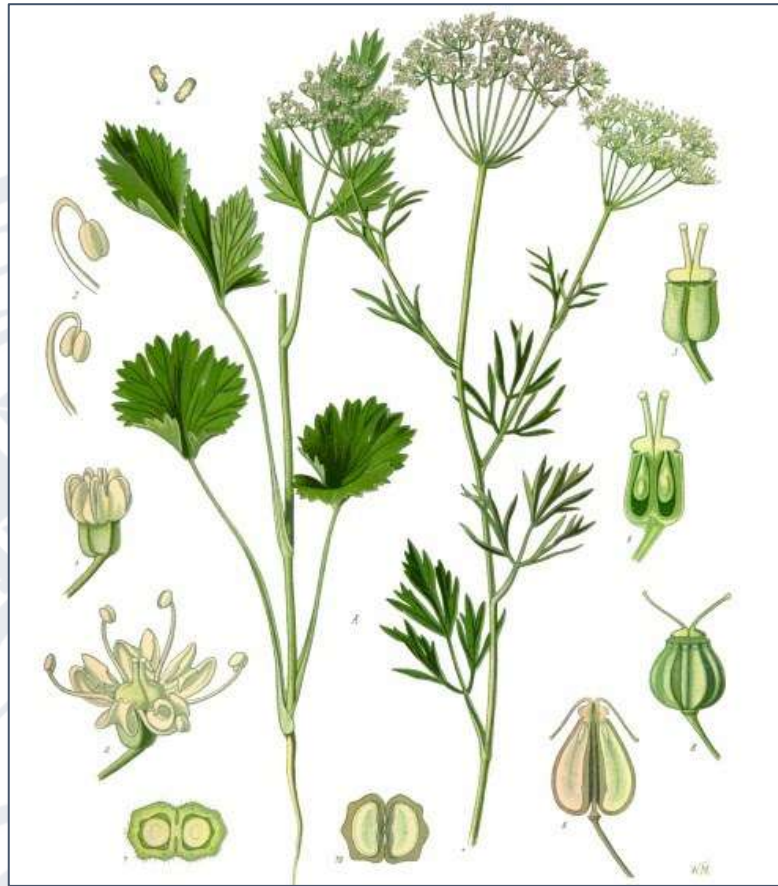


Рис. 2.1 Аніс лікарський

Плоди яйцеподібної або оберненогрушеподібної форми, з боків злегка сплюснуті [33]. Складаються із двох невідокремлених напівплодиків, що можуть розпадатися при дозріванні [19]. Оплідень шорстко опушений, зі слабо виступаючими ребрами, частими ефірнолійними вмістищами. Поверхня плоду шорстка. Особливість плодів анісу – борозенчаста поверхня: на ній помітні десять поздовжніх, прямих, ниткоподібних білуватих реберець [33]. Колір плодів жовтувато-сірий або бурувато-сірий [33]. Запах сильний, ароматний [33]. Смак солодкувато-пряний [33].

Умови зростання. Аніс найкраще росте на легких і середньосуглинкових чорноземах, які забезпечують оптимальні умови для розвитку рослини [33]. На глинистих і піщаних ґрунтах, через низьку водо- та повітропроникність чи недостатню родючість, рослина відчуває стрес і демонструє знижену продуктивність [33]. Аніс є світло- та теплолюбною культурою, яка не переносить затінення [33]. Для проростання насіння необхідна температура ґрунту щонайменше 4–5 °С, а також високий рівень

зволоження, що є критично важливим для гарного старту рослини [33]. Завдяки своїм властивостям аніс звичайний належить до групи пряноароматичних рослин, які широко використовуються як у кулінарії, так і в медицині [33].

Життєвий цикл. Життєвий цикл *P.anisum* триває протягом одного вегетаційного періоду, що становить від 120 до 140 днів [33].

Поширення. Вперше ця рослина згадується як пряність і лікувальний засіб у стародавньому Єгипті, Римі та Греції. Її використовували для приготування м'яса, риби, овочів і додавали у випічку. Батьківщиною анісу вважають Малу Азію. Сьогодні він зустрічається як здичавілий лише в Греції. Проте рослину широко розводять у Північній Африці, Південній Європі, Індії, Америці. В Україні аніс культивують, передусім, у лісостеповій зоні як ефірноолійну рослину.

Заготівля і зберігання. Використовують плоди анісу, коли дозріває половина плодів, рослини скошують, досушують у снопах або валках, обмолочують і очищають від домішок [6]. Зберігають у сухому прохолодному приміщенні [6]. Строк придатності – до 3 років [6]. Плоди відпускаються аптеками [6].

Для отримання ефірної олії рослину повністю переробляють під час масового формування плодів і на стадії їхньої молочної стиглості. Цікаво, що ефірна олія анісу за запахом і складом не відрізняється від олії бадьяна, хоча ці дві рослини — абсолютно різні, одна є трва'янистою, а інша — деревом.

Хімічний склад. Як лікарська сировина, плоди анісу мають насичений хімічний склад. Перш за все вони містять 1-6 % ефірної олії, до складу якої входить анетол (80– 90 %), метилхавікол (10%), анісовий альдегід, анісовий кетон і анісова кислота, крім цього плоди анісу багаті на жирні олії – 10-25%, білкові речовини - до 19%, фурокумарини [6].

Використання у лікувальній практиці. З лікувальною метою використовують плоди анісу, з яких готують різноманітні лікувальні засоби чи які просто розжовують, а також ефірну анісову олію. Крім реалізації у чистому

вигляді, фармацевтичні виробники використовують насіння анісу у виробництві грудних, потогінних, послаблювальних зборів [33]. Олія анісу активно використовується у фармацевтичній промисловості завдяки своїм лікувальним властивостям [33]. Вона є складовою таких засобів, як анісово-нашатирні краплі, грудні еліксири, сухі мікстури та таблетки від кашлю [33]. Крім того, її додають до сумішей для інгаляцій, що сприяє полегшенню дихання, пом'якшенню кашлю та загальному покращенню стану органів дихальної системи [33].

Препарати *P. anisum* мають відхаркувальні, протизапальні, антиспастичні, сечогінні та бактерицидні властивості [6]. Вони проявляють терапевтичну дію при запальних захворюваннях органів дихання як ларингіти, трахеїти, бронхіти, бронхопневмонії, а також при бронхіальній астмі, бронхоектатичній хворобі, коклюші у дітей, гангрені легень, і захворюваннях травної системи (ентерит, ентероколіт, метеоризм) [6]. В акушерстві й гінекології препарати анісу призначають для полегшення болісних менструацій, стимулювання пологів та лактації у матерів-годувальниць [6]. Плоди анісу входять до складу грудного еліксиру (*Elexir pectorale*), грудного та шлункового чаїв [6].

У медицині препарати анісу звичайного найбільш широко застосовують при захворюваннях органів дихання [33]. Плоди анісу мають виражені антимікробні, протизапальні та відхаркувальні властивості. Вони пригнічують розвиток мікроорганізмів, допомагаючи організму боротися з інфекціями, знімають запалення в тканинах та стимулюють відходження мокротиння, полегшуючи стан при захворюваннях дихальної системи, таких як бронхіт або застуда [33]. Атенол, який входить до складу ефірної олії анісу, чинить подразнюючу дію на слизову оболонку бронхів. Це спричиняє рефлекторне збудження дихання, підвищує активність війчастого епітелію та сприяє очищенню дихальних шляхів від слизу. Завдяки цьому ефекту анісова олія ефективно використовується у лікуванні респіраторних захворювань, що супроводжуються утворенням мокротиння [33]. У такий спосіб відбувається

підвищення тонуусу бронхів і активізація секреторної функції слизових оболонок [33]. Це сприяє полегшенню відходження мокротиння, яке разом із продуктами запалення ефективно виводиться з органів дихання [33]. Такий механізм дії робить засоби на основі ефірної олії анісу корисними для лікування захворювань дихальної системи, що супроводжуються запаленням і утворенням слизу [33].

Лікарські форми і застосування. Для внутрішнього застосування використовують настій плодів (1–2 чайні ложки на 200 мл окропу), приймаючи по чверті склянки 3–4 рази на день за 30 хвилин до їжі [6]. Настойку плодів (20 г на 100 мл 40% спирту або горілки) приймають по 20–30 крапель 2–3 рази на день [6]. Анісову олію (*Oleum Anisi*) використовують як відхаркувальний засіб при захворюваннях верхніх дихальних шляхів і бронхоектазії – по 1-5 крапель на грудку цукру 2-3 рази на день [6]. Нашатирно-анісові краплі (*Liquor ammonii anisatus*) застосовують по 5-10 крапель на грудку цукру (для дітей – по 1 краплі на кожен рік життя) 3–4 рази на день як відхаркувальний засіб [6]. Опійно-бензойну настойку (*Tinctura Opii benzoica*) призначають по 20–40 крапель (для дітей — по 1 краплі на кожен рік життя) для полегшення кашлю та як відхаркувальний засіб [6].

Для зовнішнього використання готують мазь, змішуючи порошок насіння *P. anisum* і порошок коріння білої чемериці у рівних пропорціях зі свинячим смальцем у співвідношенні 1:2 [6]. Її застосовують для боротьби з вошами і гнидами, але з великою обережністю, оскільки біла чемериця є дуже отруйною рослиною [6].

Специфічні корисні властивості анісу. Аніс завдяки своїм антибактеріальним властивостям додають до складу окремих зубних паст. Його протизапальна дія вважається настільки ефективною, що її часто порівнюють з ефектом аспірину [7].

Використання в кулінарії. Аніс, завдяки своєму солодкуватому присмаку і насиченому пряному аромату, є універсальною спецією. Його

плоди, молоде листя, відцвілі суцвіття та ефірна олія знаходять широке застосування в кулінарії [18].

Солодкі страви та випічка. Цілі або мелені зерна додають до солодоців і випічки, зокрема хліба, пряників, кексів, печива, фруктових салатів, варення з медом, горіхами й родзинками [18]. Аніс є традиційним інгредієнтом імбирних пряників, часто доповнює креми, пудинги, та молочні каші (вівсяну чи рисову) [18].

Консервація та напої. Насіння і суцвіття анісу використовують у маринадах для консервації огірків, томатів, яблук та кабачків, а також додають до компотів, квасів і киселів [18].

Салати та супи. Зелене листя анісу чудово доповнює фруктові та овочеві салати, особливо з буряком або червонокочанною капустою. Молоді суцвіття додають до зелених борщів, фруктових супів і супів-пюре [18].

Рибні та м'ясні страви. Аніс поєднується з коріандром, фенхелем, лавровим листом і добре підходить для рибних страв. Зокрема, морську рибу часто готують із оливковою олією та анісом без інших спецій. Також він гармонійно поєднується з часником, кропом, корицею у соусах до м'яса, птиці та картоплі [18].

Східні альтернативи. На Сході фенхель та бадьян часто використовують замість анісу через схожі властивості [18]. Однак, не в усіх рецептах вони здатні замінити його смак [18].

Аніс є справжнім фаворитом як у десертах, так і в основних стравах, надаючи їм унікальний аромат і смакову гармонію [18].

2.2 Методики досліджень

Лазерне опромінення насіння. Досліджувалась дія комбінованого лазерного опромінення з довжиною хвилі 635 та 405 нМ на енергію проростання та схожість *P. anisum*. Комбіноване лазерне опромінення здійснювалось за різними варіантами, які наведені в таблиці 2.1 [42].

У дослідженнях використані наступні варіанти: 1) контроль – без опромінення червоним лазером, 2) одноразове опромінення червоним лазером протягом 5 секунд, 3) дворазове опромінення червоним лазером протягом 5 секунд кожного разу, 4) триразове опромінення червоним лазером протягом 5 секунд кожного разу, 5) контроль – без опромінення синім лазером, 6) одноразове опромінення синім лазером протягом 5 секунд, 7) дворазове опромінення синім лазером протягом 5 секунд кожного разу, 8) триразове опромінення синім лазером протягом 5 секунд кожного разу, 9) дворазове опромінення червоним та дворазове синім лазером (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Варіанти опромінення насіння

№ досліду	Час обробки червоним лазером, с	Час обробки синім лазером, с
1	-	-
2	5	-
3	10	-
4	-	5
5	5	5
6	10	5
7	-	10
8	5	10
9	10	10

Роботи по опроміненню насіння проводилися в лабораторії ботаніки та екології факультету хімії, біології та біотехнологій Донецького національного університету імені Василя Стуса.

Для визначення ростових показників проросле насіння висаджували у ґрунт, забезпечуючи оптимальні умови для його подальшого росту і розвитку. Після висаджування проводили регулярні спостереження, щоб оцінити динаміку росту рослини. Потім було досліджено сиру та суху масу рослини (до та після сушіння в сушильній шафі). Відмінністю між контрольними та дослідними групами був лише факт опромінення. Відсутність додаткового підживлення дозволила виокремити вплив саме лазерного опромінення на ріст та розвиток рослини. Отримані результати були проаналізовані статистично за допомогою дисперсійного аналізу [49]. Порівняння середніх значень здійснювали методом Даннета [48, 49].

Для визначення зелених пігментів, а саме хлорофілу а, b, користувались спектрофотометричним методом:

Беруть наважку (0,025–0,1 г) свіжого рослинного матеріалу і ретельно розтирають її у фарфоровій ступці з невеликою кількістю розчинника (2–3 мл) та крейди (CaCO_3) або вуглекислого магнію (MgCO_3). Ступку закривають кришкою чашки Петрі зі скла, або пластинку і вміст настоюють протягом 2–3 хв. Гомогенат переносять на скляний фільтр Шотта № 3 або № 4 (діаметр пор 40 або 16 мкм), який вставляють в колбу Бунзена, з'єднану з вакуумним насосом, і фільтрують. Екстракцію повторюють декілька разів до повного знебарвлення рослинного матеріалу.

Фільтрат кількісно переносять у мірну пробірку і об'єм фільтрату доводять до 10 мл розчинником. Отримана витяжка містить суміш зелених та жовтих пігментів. Далі визначають оптичну густину розчину пігментів, встановлюючи довжини хвиль залежно від використаного розчинника [42].

Значення довжин хвиль для вимірювання вмісту пігментів та формули розрахунку концентрацій залежно від використаного для екстракції пігментів розчинника.

Пігмент(хлорофіл а), довжина хвилі – 665 нм,

$$C_{Chl\ a} = 13.70 \times D_{665} - 5.76 \times D_{649} \quad (2.1)$$

Пігмент(хлорофіл b), довжина хвилі – 649 нм,

$$CChl\ b = 25.80 \times D649 - 7.60 \times D665 \quad (2.2)$$

Вміст хлорофілів в рослинному матеріалі обчислюють за формулою:

$$A = \frac{C \cdot V}{n \cdot 1000}, \quad (2.3)$$

де:

A – вміст пігментів в рослинній тканині, мг/г сирої ваги;

C – концентрація пігментів у витяжці, мг/л;

V – об'єм, витяжки пігментів мл;

n – наважка рослинного матеріалу, г.

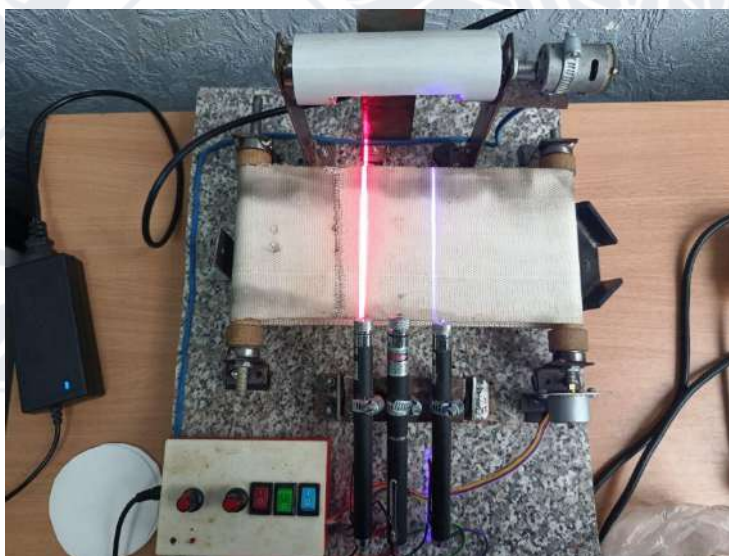


Рис. 2.2 Установка для опромінення монохроматичним світлом за допомогою LED лазерів

Варто зауважити, що максимум поглинання залежить не тільки від природи пігменту, але і від розчинника, який використовують для екстракції пігментного комплексу [42].

Дослідження спрямовано на вивчення змін фізіологічних та ростових параметрів лікарських рослин з родини Окружкових (Ariaceae) під впливом когерентного монохроматичного лазерного світла з довжиною хвилі 635 та 405 нМ, що опромінювало насіння.

Отримані результати були проаналізовано статистично за допомогою дисперсійного аналізу [49]. Порівняння середніх значень здійснювали методом Даннета [48, 49].

РОЗДІЛ 3. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1 Вплив лазерного опромінення на ростові процеси насіння *P. anisum*

При проведенні експериментальних досліджень, насіння рослини пророщувалося на фільтрувальному папері, а після проростання *P. anisum* було висаджено в ґрунт, рН якого становить 5,5 - 6,5. Для експерименту було ретельно відібрано по 60 насінин у кожен варіант. Дослідні зразки вирощували протягом 37 днів за температури 22 - 27 °С з вологістю ґрунту 72 - 77 % за природного освітлення. Схожість насіння спостерігали на 4 день після опромінення.

У *P. anisum* опромінення синім лазером впродовж 10 с не впливає на довжину підземної частини, тоді як вплив червоного лазера з схемою опромінення 10 с суттєво збільшує цей показник на 70 %, порівняно з контрольним варіантом. Комбінована дія червоного і синього лазера не чинить суттєвого впливу на довжину кореня рослини.



Рис.3.1 Насіння *P. anisum*

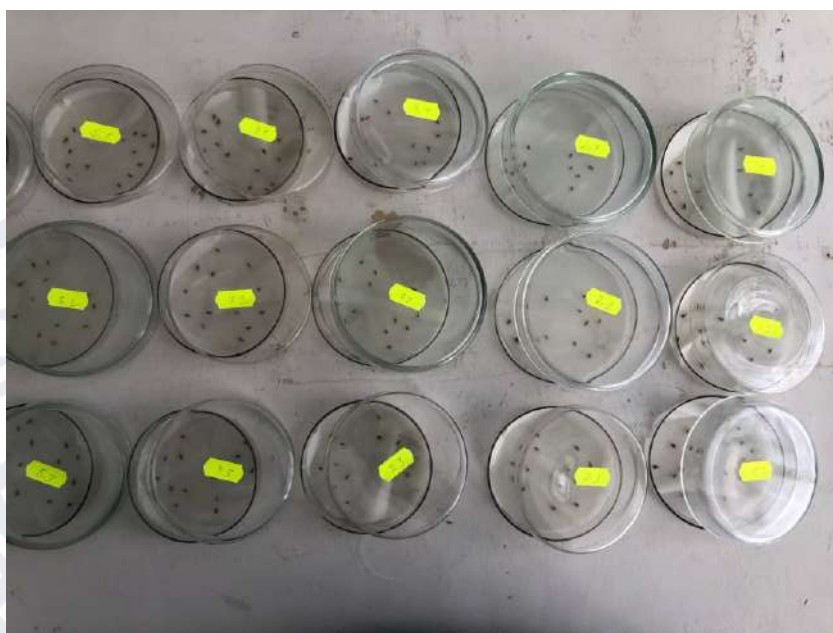


Рис.3.2 Посів *P. anisum* в чашках Петрі



Рис.3.3 *P. anisum* на 19 день після опромінення



Рис.3.4 *P. anisum* на 37 день після опромінення

Якщо $D > D^D$, то різниця між середніми величинами є, тобто вплив є достовірним. Згідно таблиці 3.1 у всіх випадках, $D < D^D$, тобто впливу на заглиблення корневих систем немає.

Отже, найкращий вплив опромінення на ростові параметри підземної частини *P. anisum* можна спостерігати у варіанті № 3, при дії червоного лазера з тривалістю опромінення 10 секунд, довжина кореня суттєво перевищує контрольний варіант на 42%.

Контрольний варіант надземної частини *P. anisum*, має масу 9,59 г. Це відповідає 100%. Так, у варіанті 2, з схемою опромінення насіння разове опромінення червоним лазером тривалістю 5 секунд, маса складає 9,89 г, що на 3 % більше, у порівнянні з контролем.

Таблиця 3.1 – Ростові параметри рослини підземної та надземної частини на 37 день експерименту при дії лазерного опромінення *P. anisum*

№ Варіанту	Довжина кореня, см				Довжина пагону, см			
	$M \pm m$	D	D ^D	%	$M \pm m$	D	D ^D	%
1	2,2 ± 0,37	-	-	100	9,59 ± 0,56	-	-	100
2	2,49 ± 0,18	0,284	1,061	112	9,89 ± 0,39	0,306	2,186	103
3	3,15 ± 0,25	0,946	1,084	142	10,87 ± 0,36	1,288	2,186	113
4	2,54 ± 0,24	0,339	1,098	115	10,05 ± 0,49	0,465	2,234	104
5	2,54 ± 0,26	0,334	1,091	115	9,60 ± 0,47	0,018	2,263	100
6	2,56 ± 0,23	0,353	1,098	116	10,45 ± 0,59	0,867	2,248	109
7	2,19 ± 0,21	0,013	1,084	99	8,47 ± 0,60	1,113	2,263	88
8	2,66 ± 0,19	0,451	1,106	120	9,86 ± 0,42	0,269	2,234	102
9	2,65 ± 0,24	0,450	1,061	120	10,77 ± 0,52	1,182	2,28	112

Примітка: M — середні значення; m — помилка репрезентативності; D — різниця між середніми значеннями; D^D — мінімальна значуща різниця (допуск Даннета).

У варіанті 3, з схемою опромінення насіння дворазове опромінення червоним лазером тривалістю 10 секунд, маса складає 10,87 г, що на 13 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 4, з схемою опромінення насіння разове опромінення синім лазером тривалістю 5 секунд, маса складає 10,05 г, що на 4 % більше у порівнянні з контролем. У варіанті 5, з схемою опромінення насіння разове опромінення синім та червоним лазером тривалістю по 5 секунд відповідно, маса складає 9,60 г, або 100 %. Це свідчить про відсутність впливу лазерного опромінення на цей показник у даному варіанті. У варіанті 6, з схемою опромінення насіння разове опромінення червоним тривалістю 5 секунд та синім лазером тривалістю 10 секунд, маса складає 10,45 г, що на 9 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 7, з схемою опромінення насіння дворазове опромінення синім лазером тривалістю 10 секунд, маса складає 8,47 г, що на 8 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 8, з схемою опромінення насіння червоним та синім лазером тривалістю 5 секунд, 10 секунд відповідно, маса складає 9,86 г, що на 2 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 9, з схемою опромінення

насіння дворазове опромінення червоним та синім лазером тривалістю по 10 секунд відповідно, маса складає 10,77 г, що на 12 % більше, у порівнянні з контролем. Ці варіанти виявилися статистично недостовірними за результатами розрахунків методом Даннета.

Найкращий варіант опромінення в варіанті 3 (дворазове опромінення червоним лазером тривалістю 10 секунд), де маса становить 10,87 г, що на 13 % більше, у порівнянні з контролем. Найменший ефект опромінення у варіанті 7 (дворазове опромінення синім лазером тривалістю 10 секунд), що на 12 % менше, ніж у контрольному варіанті. Якщо $D > D^D$, то різниця між середніми величинами є, тобто вплив на масу є достовірним. Як видно з таблиці 3.1.1, що лише у варіанті 7 $D > D^D$, тобто вплив на виживаність існує, у решти варіантів впливу на масу не має, оскільки $D < D^D$.

3.2 Вплив опромінення насіння на вміст пігментів в проростках *P. anisum*

Результати подальших наших досліджень показують, що опромінення насіння, червоним та синім лазером впливає на концентрацію пігментів у проростках *P. anisum*

Таблиця 3.2 – Вплив лазерного опромінення насіння на вміст пігментів в проростках *P. anisum*

№ варіанту	Хлорофіл <i>a</i> , мг/г				Хлорофіл <i>b</i> , мг/г			
	$M \pm m$	D	D^D	%	$M \pm m$	D	D^D	%
1	0,69 ± 0,19	-	-	100	0,96 ± 0,26	-	-	100
2	1,13 ± 0,06	0,438	0,297	163	1,02 ± 0,03	0,067	0,326	107
3	1,18 ± 0,1	0,487	0,297	104	1,17 ± 0,05	0,215	0,326	114
4	0,91 ± 0,05	0,221	0,297	77	1,16 ± 0,04	0,201	0,326	99
5	0,91 ± 0,03	0,220	0,297	100	1,10 ± 0,02	0,145	0,326	95
6	1,02 ± 0,05	0,330	0,297	112	1,26 ± 0,04	0,300	0,326	114
7	0,87 ± 0,05	0,183	0,297	86	1,15 ± 0,05	0,189	0,326	91
8	0,96 ± 0,08	0,274	0,297	110	1,02 ± 0,07	0,066	0,326	89
9	1,25 ± 0,08	0,562	0,297	130	1,14 ± 0,05	0,178	0,326	111

Примітка: М — середні значення; m — помилка репрезентативності; D — різниця між середніми значеннями; D^D — мінімальна значуща різниця (допуск Даннета).

Можна стверджувати, що опромінення позитивно впливає на вміст хлорофілу а. У *P.anisum* в дев'ятому (дворазове опромінення синім та червоним лазером) та другому (разове опромінення червоним лазером) варіантах спостерігається найвищий вміст хлорофілу а, на 30 % та 63 % відповідно, у порівнянні з контролем. Зменшення вмісту хлорофілу а можна спостерігати у варіантах чотири (одноразове опромінення синім лазером) та сім (дворазове опромінення синім лазером) на 23 % та 14 % відповідно, у порівнянні з контролем. У другому (одноразове опромінення червоним лазером), шостому (дворазове опромінення червоним та разове синім лазером), дев'ятому (дворазове опромінення червоним та синім лазером) спостерігається позитивна динаміка вмісту хлорофілу b на 7 %, 14 %, 11 % відповідно, у порівнянні з контролем. Зменшення вмісту хлорофілу b спостерігається у четвертому (одноразове опромінення синім лазером), п'ятому (одноразове червоним та синім лазером), шостому (дворазове синім лазером), восьмий (одноразове червоним та дворазове синім лазером) на 1 %, 5 %, 9 %, 11 % відповідно. Як видно з таблиці 3.2.1, найвищий вміст хлорофілу b, після опромінення зафіксовано у третьому (дворазове опромінення червоним лазером) та шостому (дворазове опромінення червоним та разове синім лазером) варіантах на 14 % в обох випадках, більше ніж контроль.

3.3 Вплив опромінення лазера на сирю та суху масу *P. anisum*

Лазерне опромінення позитивно вплинуло на фізіологічні та ростові процеси *P. anisum*. Контроль не був опромінений лазером, маса якого була 0,23 г до сушіння. Це відповідає 100%.

Сирою масою є маса *P. anisum* у невисушеному стані, яка вказує на кількість вологи до того моменту, коли відбулося висушування. Суха маса — маса *P. anisum* після процесу сушіння, яка відображає скільки *P.anisum* важить без врахування вологи. Чим вищою є початкова вологість *P.anisum*, тим більшою буде різниця між сирою та сухою масою. Згідно таблиці 3.3.1 маса

рослини після сушіння є меншою, оскільки при сушінні відбувається випаровування води, яка складає частину води.

Якщо $D > D^D$, то різниця між середніми величинами є, тобто вплив на масу є достовірним. Як видно з таблиці 3.2.1, лише у варіанті 6 $D > D^D$, тобто вплив на сирі масу існує, у решти варіантів впливу на сирі масу не має, оскільки $D < D^D$.

У варіанті 2, з схемою опромінення насіння разове опромінення червоним лазером тривалістю 5 секунд, маса складає 0,84 г, що на 259 % більше за контрольний варіант. У варіанті 3, з схемою опромінення насіння дворазове опромінення червоним лазером тривалістю 10 секунд, маса складає 0,93 г, що на 294 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 4, з схемою опромінення насіння разове опромінення синім лазером тривалістю 5 секунд, маса складає 0,56 г, що на 139 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 5, з схемою опромінення насіння разове опромінення синім та червоним лазером тривалістю по 5 секунд відповідно, маса складає 0,25 г, що на 6 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 7, з схемою опромінення насіння дворазове опромінення синім лазером тривалістю 10 секунд, маса складає 0,39 г, що на 68 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 8, з схемою опромінення насіння червоним та синім лазером тривалістю 5 секунд, 10 секунд відповідно, маса складає 0,63 г, що на 169 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 9, з схемою опромінення насіння дворазове опромінення червоним та синім лазером тривалістю по 10 секунд відповідно, маса складає 0,68 г, що на 191 % більше, у порівнянні з контролем. Ці варіанти виявилися статистично недостовірними за результатами розрахунків методом Даннета.

У варіанті 6, з схемою опромінення насіння разове опромінення червоним тривалістю 5 секунд та синім лазером тривалістю 10 секунд, сира маса складає 1,33 г, що в 4 рази більше, у порівнянні з контролем. Цей варіант є статистично достовірним за результатами дослідження (див. табл. 3.3.).

Після висушування рослинної наважки, було встановлено та визначено суху масу *P. anisum*. Для порівняння отриманих результатів здійснювали

розрахунки за методом Даннета. Більшість варіантів опромінення є невірогідними. Контрольний варіант після сушіння має масу 0,02 г, що становить 100 % і використовується для порівняння з іншими варіантами, обробленими лазером.

Так, у варіанті 2, з схемою опромінення насіння разове опромінення червоним лазером тривалістю 5 секунд, маса після сушіння становила 0,06 г, що у два рази більше за контрольний варіант. У варіанті 3, з схемою опромінення насіння дворазове опромінення червоним лазером тривалістю 10 секунд, суха маса становила 0,08 г, що більше майже в три рази у порівнянні з контролем. У варіанті 4, з схемою опромінення насіння разове опромінення синім лазером тривалістю 5 секунд, суха маса становила 0,03 г, що на 157 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 5, з схемою опромінення насіння разове опромінення синім та червоним лазером по 5 секунд відповідно, суха маса становила 0,03 г, що на 147 % більше, у порівнянні з контролем.

У варіанті 6, з схемою опромінення насіння разове опромінення червоним тривалістю 5 секунд та синім лазером по 10 секунд, суха маса становила складає 0,04 г, що у два рази більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 7, з схемою опромінення насіння дворазове опромінення синім лазером по 10 секунд, суха маса становила 0,04 г, що на 100 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 8, з схемою опромінення насіння червоним та синім лазером тривалістю 5 секунд, 10 секунд відповідно, суха маса становила 0,04 г, що на 171 % більше, у порівнянні з контролем. У варіанті 9, з схемою опромінення насіння дворазове опромінення червоним та синім лазером по 10 секунд відповідно, суха маса становила 0,049г, що на 233 % більше, у порівнянні з контролем.

За результатами статистичної обробки сухої маси *P. anisum*, найкращий показник спостерігався у варіанті 3, показник сухої маси якого 0,08 г, що перевищує контрольний варіант майже в 3 рази, а найгірший – у варіанті 7, показник сухої маси якого 0,04 г, що на 100 % більше, у порівнянні з контролем. Контрольний варіант, показник сухої маси якого 0,02 або 100 %.

У варіанті 3, з схемою опромінення насіння разове опромінення червоним тривалістю 5 секунд та синім лазером по 10 секунд, суха маса становила складає 0,04 г, що більше ніж у 2 рази перевищує контроль. Цей варіант має вірогідність за результатами дослідження (див. табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Вплив лазерного опромінення на сиру та суху масу *P. anisum*

№ варіанту	Сира маса (m)				Суха маса (m)			
	$M \pm m$	D	D ^D	%	$M \pm m$	D	D ^D	%
1	0,23 ± 0,14	-	-	100	0,02 ± 0,01	-	-	100
2	0,84 ± 0,16	0,612	0,798	359	0,06 ± 0,02	0,044	0,049	314
3	0,93 ± 0,23	0,693	0,798	394	0,08 ± 0,02	0,062	0,049	395
4	0,56 ± 0,19	0,328	0,798	239	0,05 ± 0,01	0,033	0,049	257
5	0,25 ± 0,16	0,014	0,798	106	0,05 ± 0,02	0,03	0,049	247
6	1,33 ± 0,67	1,095	0,798	563	0,06 ± 0,01	0,043	0,049	304
7	0,39 ± 0,06	0,161	0,798	168	0,04 ± 0,01	0,02	0,049	200
8	0,63 ± 0,19	0,399	0,798	269	0,05 ± 0,01	0,035	0,049	271
9	0,68 ± 0,01	0,452	0,798	291	0,07 ± 0,01	0,049	0,049	333

Примітка: M — середні значення; m — помилка репрезентативності; D — різниця між середніми значеннями; D^D — мінімальна значуща різниця (допуск Даннета).

Підсумовуючи, можна зазначити, що найвищий показник приросту сухої маси *P. anisum* був зафіксований у 3 варіанті з схемою опромінення насіння дворазове опромінення червоним лазером тривалістю по 10 секунд становить 294 %, що майже в 3 рази більше у порівнянні з контрольним варіантом. Такий вплив сприяє інтенсивнішому розвитку рослини, у порівнянні з неопроміненим варіантом, що підтверджує доцільність використання цього методу для підвищення врожайності.

Мінімальний позитивний ефект спостерігався у варіанті 7, насіння опромінювали синім лазером тривалістю 10 секунд, показник приросту якого становить 100 %, у порівнянні з контролем.

ВИСНОВКИ

1. Експеримент дає змогу зробити висновок, що передпосівна обробка лазером дозволяє підвищити схожість та ростові показники *P.anisum*. Найкращим виявився вплив дворазового опромінення синім лазером по 10 с на ріст кореня та пагону *P.anisum*.
2. Майже у всіх варіантах виявлено позитивний вплив опромінення на вміст хлорофілу а і хлорофілу b. Найвищий вміст хлорофілу b, після опромінення є третій (дворазове опромінення червоним лазером) та шостий (дворазове опромінення червоним та разове синім лазером) варіанти на 14 %, в обох випадках, більше ніж контроль. Це свідчить про ефективність застосування лазерного опромінення.
3. Досліджено вплив лазерного опромінення на сумарну масу рослин. Визначивши масу *P.anisum* до та після сушіння, можна стверджувати, що опромінення червоним і синім лазерами сприяє значному збільшенню маси, яка перевищує контрольні показники у 1–3 рази.
4. Варто враховувати також такі фактори як рН ґрунту, температуру навколишнього середовища, рівень освітлення, що є надважливим для *P.anisum*, якості насіння, вологості ґрунту, оскільки всі вищезгадані фактори будуть впливати на кінцевий результат експерименту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Falzon, C. Balabanova, A. Phytotherapy: An Introduction to Herbal Medicine. Prim. Care, 2017, Vol. 44, № 2, P. 217–227. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pop.2017.02.001> (Date of access: 15.01.2021).
2. Petrovska B. B., Historical review of medicinal plants' usage. Pharmacogn. Rev. 2012;6(11):1–5.
3. Prysed's'kyj, Y. G., Nishchenko, L. V. Вплив лазерного опромінення насіння на ростові показники та вміст хлорофілів у робінії звичайної за умов забруднення ґрунту сполуками сірки та фтору. *Наукові доповіді НУБіП України*, (1 (65)).
4. Rupiasih, N. Nyoman. Effect of UV-C radiation and hypergravity on germination, growth, and content of chlorophyll in wheat seedlings // AIP Conference Proceedings, 2016, V. 1719(1), P. 030035–030035.
5. Trygub V. Особливості вмісту фтору в системі ґрунт–рослини. Вісник Львівського університету. Серія географічна, (36).
6. А. М. Гродзінський. — К.: Видавництво «Українська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, Український виробничо-комерційний центр «Олімп», 1992. — 544 с.: іл.
7. Аніс: вплив на організм. Лікувальні властивості насіння анісу. URL: <https://mebel.sm.ua/anis-vpliv-na-organizm-likuvalni-vlastivosti-nasinnya-anisu>.
8. Аннамухаммедова О. О. Лікарські рослини: навч. посібник [для студентів вищ. навч. закл.] / О. О. Аннамухаммедова, О. О. Аннамухаммедов — Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014 - 202 с .
9. Атчабаров Б. А., Бойко З. Ф., К механизму лечебного действия монохроматического красного света низкой интенсивности. Вопросы курортологии, 1980, № 6, С. 5–9.
10. Байбеков И. М., Мусаев Э. Ш. Влияние гелий-неонового лазера на ультраструктуру клеток и пролиферацию эпителия двенадцатиперстной кишки // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1983, № 3, С. 95–98.

11. Беляєва Ю. В. Влияние лазерного излучения на синтез ДНК и деление клеток человека. Вестник АН БССР. Сер. физ.-хим. наук, 1981, № 3, С. 73–75.
12. Ваколюк О. О. Ростові параметри деяких видів лікарських рослин під впливом лазерного опромінення. Спеціальність 091 «Біологія». Освітня програма «Біологія». Донецький національний університет імені Василя Стуса. Вінниця. 2023
13. Ветринская Н.И. Лазерная активация посевов кормового ячменя с целью ускорения прироста биомассы // Проблемы фотоэнергетики растений и повышения урожайности. – Львов, 1984. – С. 130.
14. Вожегова, Р. А., Лиховид, П. В., & Біляєва, І. М. (2021). Сучасний стан, перспективи та напрями розвитку виробництва лікарських рослин в Україні. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*, 57-66.
15. Волотовский И. Д. Фитохром – регуляторный фоторецептор растений / И. Д. Волотовский. – Минск: Наука и техника, 1992. – 167 с.
16. Газалов В. С. Влияние режимов предпосевной обработки ультрафиолетовым излучением на схожесть озимой пшеницы / В. С. Газалов, Н. Е. Пономарева // Электротехнологии и электрооборудование в с/х производстве. Зерноград, 2004. – Вып. 4. – Т.1. – С. 46–49.
17. Гелій-неоновий лазер. URL: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Physical_Chemistry_\(LibreTexts\)/15%3A_Lasers_Laser_Spectroscopy_and_Photochemistry/15.06%3A_The_Helium-Neon_Laser](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Physical_Chemistry_(LibreTexts)/15%3A_Lasers_Laser_Spectroscopy_and_Photochemistry/15.06%3A_The_Helium-Neon_Laser)
18. Енциклопедія спецій. URL: <https://spiceryshop.com.ua/content/enciclopedia/anis>
19. Ефірні олії URL: <https://studfile.net/preview/7786147/>
20. Зубкова С.М. О механизме биологического действия излучения гелий-неонового лазера // Биологические науки, – 1987, - № 7, – С. 30-37.

21. Інюшин В. М. Луч лазера и урожайность, Алма-Ата: Кайнар, 1981, 183 с,
22. К. О. Скварко, І. Д. Скрипа, and О. П. Кальмук. "Проростання насіння лікарських рослин в умовах лазерної фотоактивації" Науковий вісник НЛТУ України , vol. 19, no. 12, 2009, pp. 34-39.
23. Кадченко В.М. Загальна фізика. Оптика : оглядові лекції для студентів фізико-математичного факультету. Кривий Ріг : КДПУ, 2021. 70 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/4159>
24. Китлаев Б. Н. Теоретические и прикладные аспекты фотоэлектрических воздействий на семена и растения / Б.Н. Китлаев // Механизация и электрификация сельскохозяйственных растений. – М., 1982, – № 4 – С. 21-26.
25. Кондратьева Н. П. УФ светодиодная облучательная установка для обработки семян перед посевом / Н. П. Кондратьева, М. Г. Краснолуцкая, Р. Г. Большин // Агротехника и энергообеспечение. – 2016. — №4 (13). – Т.1. — С. 22—31.
26. Кондратьева Н.П., Краснолуцкая М.Г., Большин Р.Г., Духтанова Н.В., Зембеков Ю.С., and Долганов К.Ю.. "Повышение эффективности уф светодиодной облучательной установки для предпосевной обработки семян туи западной" Агротехника и энергообеспечение, no. 3 (20), 2018, pp. 116-125.
27. Корнієнко, І. М. Науково-практичні засади біотехнології дозрівання тіста в умовах стимульованої мікрогравітації / І. М. Корнієнко, С. М. Маджд // Topical issues of new medicines development : матеріали XXVIII Міжнародної науково-практичної конференції, 18–19 березня 2021 р. – Харків : НФаУ, 2021. – С. 232–235.
28. Крижанівський В. Вплив лазерного випромінювання на проростання та початкові етапи росту рослин на прикладі виду диня звичайна, Матеріали студентських наукових праць сільськогосподарські науки № 3 (7), 2022, 2022, 86 .

29. Кутателадзе И.О. Влияние излучения гелий-неонового лазера на биологическую активность сенсомоторной зоны коры головного мозга кролика / Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры, – 1976, - № 5, – С, 64-66 .
30. Лагутенко О. Т. Агроекологія: навчальний посібник. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012. 206 с.
31. Лазерне випромінювання / В. С. Коваленко // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол, : І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.]; НАН України, НТШ, – К, : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2016, – Режим доступу : <https://esu.com.ua/article-53023>.
32. Лікарські засоби рослинного походження у клінічній практиці і народній медицині : навч, посіб, для студентів вищих мед, навч, закладів III-IV рівня акредитації / Т. П. Гарник та ін. ; за заг. Ред. Гарник Т. П. ; Київ, мед. ун-т та ін. Київ ; Житомир : Євенок О.О., 2017, 497 с.
33. Ліктрави URL: <https://liktravy.ua/herbs/anisu-plody>
34. Мартиненко, М., В. Переверзева. "Лазерне опромінення насіння та екологічно безпечні технології в рослинництві." (1995).
35. Мікуліч, Л. О., Приседський, Ю. Г., Машталер, О. В., Поліщук А. В. (2023). Вплив стимуляторів росту та лазерного опромінення на вкорінення живців *buxus sempervirens* L. *Український журнал природничих наук*, (6), 18-26.
36. Молчанов А. М. Про роботу А. Я. Хінчина, / Альберт Макарович Молчанов, / Математичне моделювання біологічних процесів, - М.: Наука. 1979 - 160 с.
37. Науковий вісник НЛТУ України, – 2011, – Вип. 21,17
38. Обручева Н.В. Фізіологія ініціації проростання рослин/Н.В. Обручева, О.В. Антонова // Фізіологія рослин: журнал, - 1997, - Т, 44, № 2, - С, 287-302

39. Определитель высших растений Украины / АН УССР; Ин-т ботаники им. Н. П. Холодного; ред. Ю. Н. Прокудин и др. – Киев: Наукова думка, 1987. – 548 с. : ил.

40. Посудін Ю. І. Методи неруйнівної оцінки якості та безпеки сільськогосподарських і харчових продуктів: навчальний посібник / Ю.І. Посудін ; Кабінет Міністрів України ; Національний аграрний університет. - К. : Арістей, 2005. - 407 с. : іл.

41. Практична фізіотерапія, /В.О.Калугін, В.Г. Глубоченко, Л.Д. Кушнір, Л.О. Зуб / Під ред. В.О. Калугіна- Чернівці: "Прут". 1998.- 232 с.

42. Приседський Ю. Г. Фотосинтез. Методичний посібник з виконання лабораторних робіт та самостійної роботи / Ю. Г. Приседський. – Вінниця: ДонНУ. 2016. – 68 с.

43. Приседський Ю. Г, Антошко І. О. Вплив забруднення ґрунту фтором на ростові параметри жовтоплідного кабачка. Матеріали VI Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (м, Вінниця, 21–22 жовтня 2020 р.), – Вінниця. 2020. – С. 79.

44. Приседський Ю. Г. Вплив лазерного опромінення насіння на ростові параметри рослин за умов фторидно-сульфітного забруднення ґрунту : зб. Наук. Пр. / Ю. Г. Приседський, Л. В. Ніщенко // VI-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія / Ecology-2017) = VI All-Ukrainian congress of ecologists with international participation (м, Вінниця, 20–22 вересня 2017 р.) : зб.наук. пр. – Вінниця. 2017. – С. 161.

45. Приседський Ю. Г., Л. В. Ніщенко. "Вплив лазерного опромінення насіння на ростові показники та вміст хлорофілів у робінії звичайної за умов забруднення ґрунту сполуками сірки та фтору." *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України* 1 (2017).

46. Приседський Ю. Г.; Гутянська С. С. Вплив лазерного опромінення насіння на ростові процеси та вміст пігментів у проростках олійних

культур. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України, 2017, 2 .

47. Приседський Ю.Г. "Вплив забруднення сульфітами та фторидами на накопичення біомаси квітковими рослинами." *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель* 45 (2016): 48-53.

48. Приседський Ю.Г. Пакет програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів. Донецьк. 2005. 136 с .

49. Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк: Кассиопея. 1999. 210 с .

50. Ресурсознавство лікарських рослин : посіб. для студ. спец. "Фармація" / В. С. Кисличенко, Л. В. Ленчик, О. М. Новосел та ін. - Х.: НФаУ, 2015. - 136 с

51. Рогожин В. В. Влияние малых доз ультрафиолетового облучения семян на состояние антиоксидантной системы, прорастающих зерен пшеницы / В. В. Рогожин, Т. Т. Курилюк // Известия ТСХА, 1999, – № 3, – С, 105–124

52. Рогожук Б.О. Зміна ростових параметрів *Capsicum annuum* L. cv Lumina за умов опромінення насіння LED лазерними системами. Спеціальність 091 «Біологія», Освітня програма «Біологія». Донецький національний університет імені Василя Стуса. Вінниця 2023.

53. Семенов А. О. Вплив ультрафіолетового випромінювання на проростання, схожість та ростові процеси насіння пшениці / А. О. Семенов, Ю. Г. Бургу, Г. М. Кожушко, М. М. Маренич, Т. В. Сахно // Вісник Полтавської державної аграрної академії, - 2018, - № 4, - С, 70-75, - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2018_4_12.

54. Семенов А. О., Бургу Ю. Г., Кожушко Г. М., Маренич М. М./, Сахно Т. В. (2018). Вплив ультрафіолетового випромінювання на проростання, схожість та ростові процеси насіння пшениці, *Scientific Progress & Innovations*, (4), 70–75. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.10> .

55. Семенов А.О., Попов С.В., Сахно Т.В., Тарасенко Д.С. Ультрафіолет: сфери використання та джерела випромінювання. Монографія. Полтава: ПП «Астроя», 2023. 190 с.
56. Семенов, А. О., Кобищан, А. Д., Скменова, Н. В. (2014). Ультрафіолетове випромінювання та оптичні властивості матеріалів в УФ-області.
57. Семенов, А. О., Кожушко, Г. М., & Сахно, Т. В. (2018). Вплив передпосадкового уф-опромінювання на розвиток і продуктивність картоплі. *Scientific Progress & Innovations*, (1), 18–22. <https://doi.org/10.31210/visnyk.2018.01.02>
58. Семенов, А. О., Кожушко, Г. М., & Сахно, Т. В. (2020). Ультрафіолетові опромінювальні установки фотобіологічної дії: дослідження та розробка технологій та обладнання для опромінювання сипучих харчових продуктів та насіння сільгоспкультур.
59. Скварко К.О. Лазерна фотоактивація насіння, Перспективи, рекомендації / К.О. Скварко, – Львів : Вид-во Львів. ун-ту. 1994. – 52 с.
60. Тихонов А. В. Действие гамма УФ- и СВЧ-облучения на клубни картофеля / А. В. Тихонов, В. Н. Тихонов, И. А. Иванов, Т. Ф. Еникеева // Современная техника и технологии. – 2016.
61. Турак О. Ю., & Панас В. Д. (2023), Вплив гумусових стимуляторів росту на продуктивність ячменю ярого в умовах Передкарпаття. У Матеріалах V Міжнародної наукової конференції молодих вчених з аграрних, Івано-Франківськ, Україна: Прикарпатський національний університет ім. В.Стефаника.
62. Фурдичко О.І., Никитюк Ю.А. Історичні аспекти та перспективи розвитку лікарського рослинництва в Україні. Агроєкологічний журнал. 2016. №. 2. С. 10–15.
63. Фурдичко О.І., Паук М.Ф. Лікарські та медоносні рослини Галичини: [монографія]. Львів: Світ, 1998. 128 с.

64. Характеристики лазерного випромінювання. URL: <https://studfile.net/preview/5751476/page:2/>
65. Харченко М.С. Лікарські рослини і їх застосування. Здоров'я. 2011. 255 с.
66. Чекман І. С. Клінічна фітотерапія. Київ : А.С.К., 2003, 550 с
67. Шаївська Т.С. Ріст та розвиток рослин родини *Roaseae* під дією опромінення насіння LED лазерами . Спеціальність 091 «Біологія». Освітня програма «Біологія». Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2023.
68. Шелкова О. П. Измерение УФ-излучения в энергетических единицах / О. П. Шелкова, Д. А. Шкловер // УФ-излучение – М. : Медицина, 1971, – С. 334-338.
69. Шкатула Ю. М. Практикум з екологічних основ застосування добрив, – Вінниця: ВНАУ, 2015, - с.
70. Ярута О.В., "Використання біопрепаратів для розмноження беладони звичайної (*Atropa belladonna* L,) розсадним способом," Матеріали науково-практичної конференції молодих учених і спеціалістів "Актуальні проблеми та інновації в сучасному землеробстві," Київ, Національна академія аграрних наук України, 2018, с, 32-33.