

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. Каразіна
Кафедра хімічної метрології

До захисту допускаю



Завідувач кафедри

«17» травня 2025 р. д.х.н., проф. Олег ЮРЧЕНКО

**ВИКОРИСТАННЯ ТРИХОМІВ СУДИННИХ РОСЛИН ДЛЯ ВИРІШЕННЯ
ЗАВДАНЬ СУДОВО-БІОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ**

Кваліфікаційна робота магістра
II курсу хімічного факультету
Ігуменшева Артура Олеговича

Науковий керівник
к.б.н., доцент, доцент кафедри
ботаніки та екології рослин
біологічного факультету



О.В. Безроднова

Харків 2025

Реферат

Кваліфікаційна робота складається із вступу, 3 розділів, висновків, списку інформаційних джерел. Основний текст викладено на 51 сторінці комп'ютерного тексту, містить 7 таблиць, 6 рисунків. Список використаних джерел містить 32 джерела інформації.

Мета роботи: дослідження трихомів судинних рослин і виявлення можливостей їх використання для вирішення завдань судово-біологічної експертизи.

Предмет дослідження: особливості локалізації, різноманіття структури трихомів судинних рослин, їх використання у якості діагностичних ознак видової і групової приналежності.

Методи дослідження: світлова мікроскопія; фотодокументація; описовий і порівняльний методи.

Результати та їх новизна: у роботі проведено уніфікацію термінології, здійснено порівняльний аналіз морфологічних особливостей трихомів на фрагментах (стебла, листки, частини квітки) 25 видів судинних рослин з 16 родів, 5 родин. За результатами мікрофотозйомки трихомів створено електронний архів, що містить 125 світлин. Складено 6 таблиць для ідентифікації досліджених видів судинних рослин за особливостями трихомів.

Наукова новизна полягає у спробі систематизації характеристик трихомів різних видів рослин з метою їхнього застосування у судово-біологічній експертизі. Результати роботи можуть сприяти розробці критеріїв ідентифікації ботанічних об'єктів у контексті криміналістичних досліджень та бути використані для побудови референсної колекції фотозображення трихомів для баз даних.

Ключові слова: РОСЛИННІ ОБ'ЄКТИ, МІКРОСКОПІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ, ДІАГНОСТИЧНІ ОЗНАКИ, ТРИХОМИ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ

ABSTRACT

The qualification thesis consists of an introduction, 3 chapters, conclusions, and a list of informational sources. The main text is presented on 51 pages of computer-typed text and includes 7 tables and 6 figures. The list of references contains 32 sources of information.

Objective of the study: to investigate trichomes of vascular plants and to identify the potential of their application in forensic biological examination.

Subject of the study: peculiarities of localization, structural diversity of trichomes of vascular plants, and their use as diagnostic traits for species and group identification.

Research methods: light microscopy; photo documentation; descriptive and comparative methods.

Results and their novelty: the study provides a unification of terminology and a comparative analysis of morphological features of trichomes on fragments (stems, leaves, flower parts) of 25 species of vascular plants from 16 genera and 5 families. Based on the microphotographic documentation of trichomes, an electronic archive containing 125 photographs has been created. Six tables for the identification of the studied vascular plant species based on trichome characteristics have been compiled.

The scientific novelty lies in the attempt to systematize the characteristics of trichomes of various plant species for their application in forensic biological examination. The results of the work may contribute to the development of criteria for the identification of botanical objects in the context of forensic investigations and may be used to build a reference collection of trichome photo images for database creation.

Key words: PLANT SPECIMENS, MICROSCOPIC ANALYSIS, DIAGNOSTIC TRAITS, TRICHOMES, IDENTIFICATION.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи вивчення трихомів судинних рослин у судовій біології ...	7
1.1. Аналіз наукових джерел щодо морфології та класифікації трихомів.....	7
1.2. Досвід використання трихомів у судово-біологічній експертизі	9
1.3. Огляд джерел з анатомії рослин і баз ботанічних даних	12
РОЗДІЛ 2. Методика дослідження трихомів судинних рослин.	21
2.1. Матеріали та методи мікроскопічного аналізу.	21
2.2. Мікрофотографування та цифрова обробка зображень.	23
2.3. Створення таблиць та бази даних діагностичних ознак трихомів.	28
РОЗДІЛ 3. Порівняльна характеристика трихомів досліджених видів.	32
3.1. Особливості трихомів родини Boraginaceae.	33
3.2. Морфологічні ознаки трихомів Brassicaceae, Scrophulariaceae, Plantaginaceae	36
3.3. Визначення таксономічної належності за мікроскопічними ознаками.	41
3.4. Обґрунтування доцільність використання трихомів, як додаткового інструменту в практиці судово-біологічних експертиз.....	45
Таблиця 6 - Порівняльна характеристика видів роду Veronica (Вероніка)	57
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	49

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку криміналістики та судової експертизи зростає потреба у використанні міждисциплінарних підходів для встановлення обставин правопорушень. Одним із перспективних напрямків є судово-біологічна експертиза, що використовує знання про біологічні об'єкти для надання доказової інформації. Серед рослинних об'єктів, які можуть мати значення для слідства, особливу увагу привертають мікроскопічні структури, зокрема трихоми.

Аналіз наукової літератури свідчить про зростаючий інтерес до використання рослинних доказів у кримінальних розслідуваннях. Дослідження підкреслюють діагностичну цінність морфологічних характеристик трихомів для ідентифікації рослин, але лише обмежена кількість робіт висвітлює успішне застосування аналізу трихомів у конкретних кримінальних справах, наприклад щодо особливостей трихомів окремих видів рослин, таких як Cannabis. Актуальність даної роботи зумовлена зростаючою потребою у розширенні арсеналу методів судово-біологічної експертизи для ідентифікації рослинних об'єктів, що можуть бути речовими доказами. Використання трихомів, як мікроскопічних діагностичних ознак, є перспективним напрямком, оскільки вони можуть зберігатися на різних поверхнях та надавати цінну інформацію про походження рослинних фрагментів.

Наукова новизна дослідження полягає у спробі систематизації характеристик трихомів різних видів рослин з метою їхнього застосування у судово-біологічній експертизі.

Основною метою даної роботи є дослідження можливостей використання трихомів для вирішення завдань судово-біологічної експертизи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- 1) проаналізувати наукову літературу щодо морфології та класифікації трихомів рослин, а також їхнього застосування у судово-біологічній експертизі;
- 2) проаналізувати термінологію, що використовується у різних джерелах і здійснити її уніфікацію;
- 3) на підставі опрацювання гербарних зразків, використовуючи методи мікроскопічного аналізу, дослідити морфологічні особливості трихомів представників різних таксонів;
- 3) за довідниками і гербарними зразками провести порівняльний аналіз виявлених характеристик трихомів, виявити діагностичні ознаки для ідентифікації групової і видової приналежності рослин;

- 4) скласти таблиці для ідентифікації досліджених видів судинних рослин за особливостями трихомів на їх фрагментах (стебла, листки, частини квітки);
- 5) обґрунтувати доцільність використання трихомів, як додаткового інструменту в практиці судово-біологічних експертиз.

Отримані в ході дослідження результати можуть бути використані для розширення методичної бази судово-біологічної експертизи. Впровадження методів аналізу трихомів у практику експертних досліджень сприятиме підвищенню точності та інформативності висновків щодо рослинних об'єктів, виявлених у кримінальних провадженнях.

Вихідними даними для проведення даної роботи є наукова література з ботаніки, фармакогнозії, а також гербарні зразки судинних рослин з колекції Гербарію Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

Проведення експериментальної частини є доцільним для безпосереднього дослідження морфологічних особливостей трихомів різних видів рослин, поширених на території України.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ ТРИХОМІВ СУДИННИХ РОСЛИН У СУДОВІЙ БІОЛОГІЇ

1.1. Аналіз наукових джерел щодо морфології та класифікації трихомів

Існують напрацювання, які підкреслюють діагностичну цінність морфологічних характеристик трихомів для ідентифікації рослин, що є фундаментальним для судової ботаніки. Зокрема, методичні посібники, такі як праці Балинян Т.Є. та Хоружої Л.Ф. [1], а також Рудича Д.С. [2], безпосередньо розглядають застосування мікроскопічного аналізу епідермісу та трихомів для ідентифікації рослинних мікрочастинок, що мають доказове значення. Стаття "Forensic Botany: Trichome Evidence" також демонструє конкретні випадки успішного використання аналізу трихомів у кримінальних розслідуваннях [3]. Дослідження, присвячені ідентифікації лікарських рослин, представлені у праці Солодовниченко Н.М. із співавторами [4], також підкреслюють важливість трихомів як ідентифікаційних ознак.

У ботаніці трихоми розглядаються як похідні епідерми – волоскоподібні структури, які розташовуються на поверхні вегетативних та генеративних органів рослин. Вони можуть бути одноклітинними або багатоклітинними, простими або розгалуженими, з функцією захисту, секреції, всмоктування або механічного зміцнення. У науковій літературі трихоми поділяють на кілька основних типів за морфологічними та функціональними ознаками. Насамперед виділяють покривні (не залозисті) трихоми, які слугують бар'єром для надмірного випаровування вологи та захистом від механічних ушкоджень. Вони можуть бути простими, волосистими, лускоподібними або гачкоподібними. Іншим важливим типом є залозисті трихоми, які складаються з ніжки і секреторної головки та виконують функцію виділення ефірних олій, смолистих речовин або інших метаболітів. Такі структури мають важливе значення як у систематиці, так і в судовій практиці завдяки високій стабільності їх хімічного складу. Відомо, що морфологічні характеристики трихомів, такі як довжина, діаметр, кількість клітин, наявність чи відсутність залозистої головки, густина на одиницю площі, є стабільними для певного виду або роду рослин, а отже – можуть виступати як діагностичні ознаки у процесі ідентифікації. У публікаціях Балинян Т.Є. та Хоружої Л.Ф. [1] і Рудича Д.С. [2] наводяться методичні підходи до мікроскопічного вивчення епідермісу рослин з метою

виявлення характерних трихомів, що дозволяє з високою точністю відрізнити близькі види один від одного.

На окрему увагу заслуговують роботи, що присвячені певним родинам або видам рослин, зокрема вивченню мікроскопічної будови деревію блідо-жовтого, що використовується у якості лікарської сировини [5]. У дослідженнях, присвячених роду *Cannabis*, автори звертають увагу на цистолітові волоски як унікальні структури, які дозволяють безпомилково розпізнати марихуану навіть у фрагментованих зразках [6]. Важливим джерелом є також енциклопедичні та методичні посібники, зокрема "Сучасна систематика рослин" А. Новікова А. і Б. Барабаш-Красної, де розглядаються принципи використання мікроскопічних ознак, включно з трихомами, як маркерів для побудови філогенетичних дерев. Згідно з цією працею, таксономічна значущість трихомів залежить від ступеня їх консервативності на певному рівні класифікації: деякі ознаки можуть бути спільними для всієї родини, інші – варіативними навіть у межах виду [7]. Крім морфології, ряд авторів (наприклад, Смойловська Г.П., Журавльова М.С.) звертає увагу на хімічну активність залозистих трихомів. Вони продукують ефірні олії, фітонциди, флавоноїди, що можуть бути використані як додаткові молекулярні маркери при експертних дослідженнях, включаючи газову хроматографію або мас-спектрометрію.

Таким чином, аналіз літератури свідчить про те, що питання використання трихомів для завдань судово-біологічної експертизи представлені у наукових працях, хоча й не є надзвичайно широко дослідженою галуззю.

1.2. Досвід використання трихомів у судово-біологічній експертизі

Морфологічна різноманітність трихомів привертає увагу дослідників ще з XIX століття, однак у контексті судової біології систематичне вивчення цих структур почало активно розвиватися лише в останні десятиліття. Важливим внеском у розуміння ролі трихомів у судовій ботаніці є стаття "Forensic Botany: Trichome Evidence". У цій роботі детально розглядається використання трихомів як доказової бази у кримінальних розслідуваннях. Автори наголошують на тому, що мікроскопічний аналіз трихомів, зокрема їхня морфологія та хімічний склад, може надати цінну інформацію для встановлення зв'язку між об'єктами та місцем злочину. У статті наводяться приклади успішного застосування аналізу трихомів для ідентифікації рослинних фрагментів, знайдених на місці злочину або на тілі жертви, що дозволяє визначити походження цих фрагментів та встановити можливий контакт між підозрюваним, жертвою та місцем злочину. Також підкреслюється, що трихоми можуть бути досить стійкими до розкладання, що робить їх корисним об'єктом для аналізу навіть у випадках, коли інші рослинні матеріали вже зазнали значної деградації [3].

Уламки двигуна літака, що розбився біля Руїдосо, штат Нью-Мексико, були досліджені на наявність трихомів. Порівняльний аналіз трихомів, знайдених на уламках, з трихомами рослин родини пасльонові (*Solanaceae*) та мальвові (*Malvaceae*) з місця зберігання уламків, допоміг встановити джерело трихомів та визначити, чи потрапили вони в двигун до чи після катастрофи. Таким чином, стаття "Forensic Botany: Trichome Evidence" підкреслює важливість детального вивчення трихомів у контексті судової ботаніки та надає конкретні приклади їхнього застосування для розв'язання кримінальних справ. Інформація, представлена в цій роботі, значно розширює розуміння можливостей використання трихомів у судово-біологічній експертизі.

У роботі, де розглядається використання цистолітичних волосків (специфічного типу трихомів) для ідентифікації марихуани, автори зосереджуються на унікальній морфології цих волосків як швидкому та надійному способі ідентифікації *Cannabis*. Це є особливо важливим для судової експертизи, оскільки дозволяє оперативно визначити, чи є наданий зразок марихуаною. У статті підкреслюється, що цистолітичні волоски мають характерну будову, що робить їх корисним інструментом для ідентифікації цієї рослини в кримінальних справах [6].

Однією з останніх публікацій є стаття Isha Vishnoi, що вийшла у 2024 році і підтверджує актуальність та практичне застосування судової ботаніки у розслідуванні

кримінальних злочинів. Автор наголошує на зростаючому визнанні цінності рослинних доказів, які, незважаючи на свій потенціал, раніше часто залишалися поза увагою. У статті представлено огляд основних методологічних підходів до роботи з рослинними матеріалами на місці злочину, включаючи етапи збору, належного збереження та подальшого аналізу отриманих зразків [8]. Важливим елементом статті є наведення конкретних прикладів успішного використання ботанічних доказів у реальних кримінальних справах. Описані кейс-стаді демонструють, як аналіз морфологічних особливостей рослин, дослідження пилку та вмісту шлунку можуть допомогти у встановленні ключових обставин злочину, таких як місцезнаходження жертви, ймовірний спосіб смерті, визначення первинного місця злочину та встановлення часових рамок подій. Ці приклади свідчать про наявність значного практичного досвіду та розроблених методів у галузі судової ботаніки

На сучасному етапі розвитку судово-біологічної експертизи особливу увагу дослідників привертає потенціал використання морфологічних структур рослин для ідентифікації об'єктів, що можуть бути речовими доказами. Одними з найбільш перспективних мікроскопічних структур у цьому контексті є трихоми — похідні епідерми, які мають характерні видоспецифічні ознаки. У науковій і практичній літературі представлено низку прикладів ефективного використання аналізу трихомів для ідентифікації рослинних залишків, виявлених на місці злочину або на речових доказах (одязі, знаряддях, транспорті тощо). Класичним прикладом є публікація «Forensic Botany: Trichome Evidence», в якій розглядаються численні кейси, де мікроскопічне дослідження трихомів дозволило встановити зв'язок між підозрюваними, місцем події та потерпілим. Автори підкреслюють, що навіть у випадках часткового руйнування або деградації рослинного матеріалу, трихоми можуть зберігати свою морфологічну цілісність завдяки щільним клітинним оболонкам і наявності механічно стійких структур. Це дозволяє проводити аналіз з високим ступенем надійності навіть через значний час після події [3].

Відомим прикладом є використання цистолітових волосків для ідентифікації рослини *Cannabis sativa*. У дослідженні запропоновано простий тест на наявність кальцію в цих волосках, що дозволяє на ранньому етапі експертизи встановити, чи йдеться про марихуану. Морфологічна структура трихомів *Cannabis* настільки унікальна, що їх наявність на поверхні об'єкта вже сама по собі є високоспецифічною ознакою. Крім того, хімічний склад виділень залозистих трихомів може слугувати додатковим доказовим матеріалом — у тому числі при використанні хроматографічних методів аналізу [9].

Слід також зазначити, що в судово-медичній експертизі трихоми можуть використовуватися не лише для ідентифікації рослин, але й для встановлення часу

контакту, визначення географічного походження зразків, а іноді — навіть способу транспортування речовини або об'єкта. Наприклад, рослинні волоски, виявлені на дні багажника автомобіля, можуть вказувати на місцевість, яку перетинав транспортний засіб, якщо така флора є ендемічною або характерною для певного регіону. У публікації Isha Vishnoi описуються кейс-стаді з індійської практики, де за допомогою мікроскопічного аналізу рослинних фрагментів було встановлено не лише видову приналежність рослини, але й окреслено часові рамки події на основі стану клітинних структур, у тому числі трихомів. Автор акцентує на потребі стандартизації збору, збереження та фіксації біологічних рослинних доказів на місці події, підкреслюючи, що саме трихоми часто залишаються єдиним інформативним елементом після розкладу більшої частини тканин рослини .

Цінність трихомів у криміналістичних дослідженнях полягає також у їх видовій специфічності. Наприклад, у справі, описаній у згаданій статті, фрагменти рослин із залишками залозистих трихомів були знайдені на одязі підозрюваного. Порівняльний аналіз показав, що ці трихоми відповідають характерним для представника родини Solanaceae (пасльонових) типам, які було виявлено на ділянці місцевості, що розглядалася як місце злочину. Таким чином, мікроскопічне дослідження трихомів стало важливим елементом ланцюга доказів. Практичний досвід також підтверджує важливість аналізу локалізації та типу трихомів. Наприклад, у випадку авіакатастрофи біля Руїдосо, штат Нью-Мексико (США), на уламках двигуна літака було виявлено рослинні фрагменти з трихомами. Порівняння їх із зразками з місця зберігання уламків дозволило визначити, що ці залишки не потрапили до двигуна під час аварії, а були результатом контакту після події. Це дозволило уточнити обставини інциденту та відкинути одну з версій злочинного впливу [3].

1.3. Огляд джерел з анатомії рослин і бази ботанічних даних

Для глибокого розуміння місця та значення морфологічних ознак, зокрема трихомів, у систематиці рослин, важливим є звернення до навчального посібника "Сучасна систематика рослин. Загальні питання" Новікова А. та Барабаш-Красної Б. [7]. У цій фундаментальній праці розглядаються ключові принципи сучасної філогенетичної систематики, методи класифікації та критерії оцінки діагностичної цінності різних морфологічних характеристик. Автори детально аналізують підходи до використання анатомічних та морфологічних ознак у побудові природної системи рослин, підкреслюючи, що надійність таксономічних маркерів залежить від їхньої консервативності на певному рівні організації та варіативності між різними таксонами. У цьому контексті, характеристики трихомів, такі як їхній тип (покривні, залозисті), морфологія (форма, розміри, клітинна будова), розташування та щільність, можуть мати значну діагностичну цінність. Посібник допомагає зрозуміти, які саме ознаки трихомів є стабільними в межах певних систематичних груп (наприклад, родини, роду) і можуть використовуватися для їхньої ідентифікації, а які є видоспецифічними. Розуміння філогенетичних зв'язків між рослинами та еволюції морфологічних ознак дозволяє більш ефективно застосовувати характеристики трихомів для ідентифікації рослинних фрагментів, встановлення їхнього походження та порівняння з відомими зразками у криміналістичних дослідженнях.

Розглядаючи інші наукові праці, слід відзначити статтю Калашник С.О., Гайдаржи М.М. "Анатомічна характеристика стебел однорічних пагонів сукулентних рослин роду *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae)", опубліковану в "Українському ботанічному журналі" (2013, т. 70, № 1, с. 45-53)[10]. У даній роботі представлено результати детального дослідження анатомічної будови стебел однорічних пагонів 23 видів роду *Euphorbia*. Авторами виявлено значну різноманітність анатомічної структури, що відображає адаптивні механізми рослин до різних екологічних умов. Проте, слід зазначити, що безпосередній аналіз трихомів у зазначеній статті не проводився. Дослідження зосереджено на паренхімних, провідних та механічних елементах стебла, а також на особливостях їхнього розташування та розвитку. Незважаючи на це, розуміння структурної організації рослинних тканин, зокрема епідерми, є фундаментальним для подальшого вивчення її похідних – трихомів. Таким чином, хоча стаття Калашник С.О. та Гайдаржи М.М. не містить прямих даних про трихоми, вона забезпечує необхідний анатомічний контекст для досліджень, спрямованих на морфологію та функціональне значення епідермальних

утворень, включаючи трихоми, у представників родини Euphorbiaceae та інших таксономічних груп. Для дипломної роботи, присвяченої застосуванню трихомів у судово-біологічній експертизі, ця праця має опосередковане значення, формуючи загальне уявлення про анатомічну різноманітність рослинних структур.

Переходячи до іншого джерела, "Практикуму з ідентифікації лікарської рослинної сировини"[11], слід зазначити, що в ньому описано відмінні ознаки видів подорожника, кульбаби, оману, деревію, зі вказівкою особливостей опушення горицвіту; відмінність Мати й мачухи від тотожних видів рослин, подібна характеристика також є для Алтеї лікарської, Хамоміли обідраної, Конвалії звичайної, мучниці, трави фіалки. Також присутні порівняльні таблиці з характерною ознакою опушення. Серед перелічених видів є такий список: Алтея Лікарська, Хамоміла обідрана, Деревій, Цмин пісковий, Кропива. Роди рослин в природі можуть мати лише на окремих органах опушення або воно відрізняється серед видів, тому в підручнику наведена характеристика за ознаками листка, підчаша, пелюстки віночка, плодів, квітколож. Ці ознаки можуть існувати, як ідентифікуючі, як у сукупності, так і можливо визначити вид лише за опушенням (вказати види де перераховуються органи).

Далі розглянемо працю "Мікроскопічні дослідження лікарської рослинної сировини деревію блідо-жовтого"[5]. У тексті зазначено, що основними ідентифікаційними ознаками деревію блідо-жовтого є мікроскопічні характеристики, які дозволяють відрізнити цей вид від деревію звичайного. Спільними анатомічними ознаками для обох видів є паренхімно-прозенхімна епідерма стебла та ізолатеральний тип будови листової пластини. Важливими для ідентифікації є також наявність залозок і волосків на епідермі стебла, листя і квіток. Однак деревій блідо-жовтий має деякі відмінності, зокрема потовщення клітин епідерми та паренхіми кори, а також більшу кількість залозок з темним вмістом. Ці мікроскопічні ознаки дозволяють точно ідентифікувати цей вид.

У численних описах видів, представлених у довіднику "Лікарські рослини" під редакцією Гродзінського А.М [12], наводяться відомості про наявність, тип та розташування волосків на різних органах рослин. Різноманітність типів опушення (наприклад, густе, рідке, повстисте) та морфології трихомів (прості, залозисті, розгалужені) є важливими діагностичними ознаками, які можуть використовуватися для ідентифікації фрагментів рослин, виявлених на місці злочину або пов'язаних з речовими доказами. Наприклад, детальний опис опушення листка, стебла чи квітки певної лікарської рослини у довіднику може бути використаний як еталон для порівняння зі знайденим рослинним матеріалом. Виявлення збігів у характеристиках трихомів може

слугувати доказом присутності конкретного виду рослини в досліджуваному зразку. Крім того, інформація про специфічні типи трихомів, характерні для певних родин або видів лікарських рослин, може допомогти у звуженні кола пошуку при ідентифікації невідомого рослинного матеріалу.

У наданих описах інформація про опушення рослин зустрічається не для всіх видів і часто є неповною. Проте, ґрунтуючись на наявних даних, можна виділити деякі критерії для часткової систематизації. Перш за все, рослини можна розділити на ті, у яких опушення явно зазначено, і ті, для яких така інформація відсутня. Важливо зауважити, що відсутність згадки про опушення не обов'язково означає його повну відсутність у цих рослин, а лише відсутність цієї інформації в наданих текстах. Далі, рослини можна спробувати класифікувати за типом опушення, хоча тут описи часто дуже загальні. Наприклад, у подорожника блошиного та подорожника ланцетолістого опушення визначається як "волосисте", а в астрагала шерстистоквіткового - "волохате". Подорожник індійський характеризується як "шерстистоопушений", а подорожник середній - як "шорсткоопушений".

Ще одним критерієм може бути розташування опушення на рослині. У подорожника блошиного опушення зазначено на стеблі (у верхній частині), а в подорожника великого та подорожника ланцетолістого - на листках. Однак, слід підкреслити, що така систематизація буде дуже неповною. У більшості випадків відсутня інформація про густоту опушення, довжину та структуру волосків. Тому, для повної та детальної систематизації рослин за ознаками опушення потрібні більш спеціалізовані ботанічні джерела з детальними морфологічними описами.

У статті Г. П. Смойловської [5] детально досліджено будову дерев'яно блідо-жовтого під мікроскопом, з особливим акцентом на волосках на його поверхні — трихомах. Хоча в статті згадуються загальні морфологічні ознаки рослини, основна увага приділяється мікроскопічній будові клітин епідермісу та трихом. У дерев'яно блідо-жовтого виявлено два основні типи трихом: покривні та залозисті. Покривні волоски є одноклітинними, простими та мають тонкі стінки. Залозисті волоски, розташовані на листках, мають головчасту форму, одноклітинну ніжку та багатоклітинну головку. Автори чітко розрізняють ці два типи трихомів, що узгоджується із загальноприйнятою класифікацією. Стаття містить мікрофотографії, на яких добре видно різні типи трихомів, що значно полегшує їхню ідентифікацію. У цій науковій роботі підкреслюється, що будова трихомів є важливою діагностичною ознакою для визначення дерев'яно блідо-жовтого. Ці ознаки використовуються для підтвердження видової належності рослинної сировини, визначення її якості (особливо з огляду на наявність секреторних речовин у залозистих

трихомах) та для відрізнення деревію блідо-жовтого від морфологічно схожих видів. Інформація про трихоми деревію блідо-жовтого, описана в статті, може бути застосована в судовій медицині для ідентифікації фрагментів рослин, встановлення походження рослинної сировини та визначення контакту з об'єктами. Наприклад, якщо на місці злочину виявлено частинки рослини, аналіз трихом може допомогти з'ясувати, чи це деревій блідо-жовтий.

Важливим джерелом у контексті нашого дослідження є посібник "Лікарська рослинна сировина та фітопрепарати" Солодовниченко Н.М., Журавльова М.С., Ковальова В.М.[4]. Дана праця, будучи фундаментальною у фармакогнозії, надає значний обсяг інформації щодо морфологічних характеристик трихомів лікарських рослин. У посібнику детально описуються різні види лікарської рослинної сировини з акцентом на макро- та мікроскопічних ознаках, включаючи особливості опушення та будову трихомів. Авторами наводяться дані про форму, розміри, колір та локалізацію волосків на різних органах рослин. Особлива увага приділяється залозистим трихомам у зв'язку з їхнім потенційним вмістом біологічно активних сполук. Ілюстративний матеріал, представлений у виданні, сприяє візуалізації морфологічної різноманітності трихомів .

У рамках нашого дослідження, спрямованого на застосування трихомів у судово-біологічній експертизі, інформація з зазначеного посібника є цінною завдяки детальному опису морфології трихомів широкого спектра лікарських рослин. Ці дані можуть бути використані для проведення порівняльного аналізу з рослинними об'єктами, що є предметом судової експертизи. Крім того, підкреслення авторами діагностичної значущості трихомів для ідентифікації та оцінки якості лікарської сировини корелює із завданнями судово-біологічної експертизи, де точна ідентифікація рослинних матеріалів є першочерговою. Таким чином, посібник Солодовниченко Н.М. та співавторів є важливим підґрунтям для розуміння морфологічної варіабельності трихомів та їхнього потенційного використання в ідентифікаційних цілях.

Державна Фармакопея України (ДФУ), зокрема її друге видання з доповненням 2 (2018) та перше видання (2001) містить стандарти якості лікарських засобів, і в розділах, присвячених опису лікарських рослин, надає відомості про наявність, характер (густота, рідкість) та локалізацію опушення (волосків) на різних частинах рослин [13, 14].

У багатьох випадках ДФУ включає розділ "Мікроскопічне дослідження", де детально описується будова епідермісу та різних типів трихомів. Зазначаються їх форма, розміри, клітинна будова та інші морфологічні особливості. Хоча ДФУ не надає вичерпної класифікації всіх типів трихомів, в описах використовуються терміни, що дозволяють розрізняти основні їх види, такі як покривні (прості та складні) та залозисті (з головкою на

ніжці) волоски. У деяких випадках наводяться ілюстрації мікроскопічних препаратів, що демонструють різні типи волосків.

ДФУ підкреслює значення трихомів як важливих діагностичних ознак для ідентифікації лікарської рослинної сировини та підтвердження її автентичності. Характеристики опушення використовуються при макроскопічному аналізі, а детальна будова трихомів досліджується мікроскопічно для виявлення можливих домішок та фальсифікації. Найбільш детально морфологія трихомів описується для тих лікарських рослин, де ці ознаки є ключовими для їхньої ідентифікації, наприклад, для шавлії, чебрецю, ромашки та м'яти.

Методичні матеріали з фармакогнозії Івано-Франківського національного медичного університету акцентують увагу на необхідності ідентифікації лікарської рослинної сировини за морфологічними та анатомічними ознаками (п. 1.1, 1.2, 6.1, 6.2, 6.3). Хоча безпосередньо використання трихомів у судово-біологічній експертизі в документі не розглядається, підкреслюється важливість мікроскопічного аналізу анатомічних елементів (п. 6.3), до яких належать і трихоми, для встановлення тотожності лікарської рослинної сировини. Це підтверджує фундаментальне значення мікроскопічних морфологічних характеристик рослин для ідентифікації, що є важливим аспектом і в судово-біологічній експертизі [15].

Наукова стаття Мигаля М.Д. та Шульги І.Л. [6] про відмінності сортів конопель за опушеністю листків цистолітовими волосками, хоч і зосереджена на внутрішньовидовій мінливості *Cannabis sativa*, надає цінну інформацію про аспекти опушення, які можна використовувати для систематизації видів рослин загалом. Для використання опушення в систематиці, як показує ця стаття, важливо враховувати цілий комплекс ознак. По-перше, це кількісні характеристики, такі як щільність волосків на певній ділянці поверхні різних органів рослини та їхня довжина. По-друге, це якісні особливості, включаючи морфологію волосків – їхню форму, розмір, клітинну будову, розгалуженість, а також будову їхньої основи та верхівки. Не менш важлива і локалізація волосків на різних частинах рослини, а також їхня орієнтація на поверхні. Крім того, хоча в цій конкретній роботі це не досліджується, для багатьох рослин важливим систематичним маркером є хімічний склад речовин, що виділяються залозистими волосками. Таким чином, ретельне вивчення всіх цих аспектів опушення в комплексі може стати потужним інструментом для розрізнення та класифікації рослин на різних рівнях таксономічної ієрархії. Робота Мигаля та Шульги на прикладі конопель лише підкреслює потенційну цінність цих, на перший погляд, незначних деталей зовнішньої будови рослин.

Хоча практикумі "Анатомія рослин"[16] відсутні конкретні лабораторні роботи, безпосередньо присвячені систематизації рослин за ознаками опушення, загальний зміст та методологічний підхід посібника вказують на потенційне практичне значення подібних досліджень. Насамперед, практикум озброює студентів базовими навичками мікроскопічного дослідження. Опанування методик виготовлення тимчасових препаратів та роботи зі світловим мікроскопом є необхідною передумовою для проведення порівняльного аналізу будови трихомів у різних видів рослин. Крім того, вивчення різноманітності клітинних структур у різних тканинах та органах рослин, яке пропонується в практикумі, формує розуміння того, що трихоми, як похідні епідерми, також характеризуються власною клітинною організацією. Усвідомлення цієї варіабельності на клітинному рівні є важливим для подальшого порівняння трихомів різних таксономічних груп. Нарешті, засвоєні в ході виконання лабораторних робіт знання та навички створюють міцну основу для проведення більш поглиблених та спеціалізованих досліджень. Ці дослідження можуть бути спрямовані на детальний порівняльний аналіз морфології, цитології та гістохімії трихомів у представників різних родин, порядків та класів рослин з метою виявлення систематично цінних ознак, які б відображали їхні еволюційні зв'язки. Таким чином, практикум закладає методологічний фундамент для майбутніх досліджень у галузі систематики рослин з використанням ознак опушення на мікроскопічному рівні. У тексті наведено загальні відомості про покривні тканини рослин, зокрема про епідерму та її похідні (трихоми, продихи). Описуються різні типи трихомів (волоски, сосочки, горбочки, гачки, лусочки), їхнє пристосувальне значення та загальні особливості будови. Такі об'єкти можуть бути виявлені на одязі, взутті, транспортних засобах та інших предметах, що є речовими доказами у справі.

Основним завданням експерта є встановлення таксономічної належності цих рослинних об'єктів, тобто визначення їхньої приналежності до певної систематичної групи (родини, роду, виду). Для цього проводяться порівняльні дослідження мікрочастинок з відомими зразками рослин. У цьому процесі важливу роль відіграють трихоми – волоски на поверхні рослин. Трихоми можуть мати різну будову, форму, розміщення та інші характеристики, що є важливими діагностичними ознаками.

Порівнюючи особливості будови трихом у досліджуваних мікрочастинках та зразках, експерт може зробити висновок про їхню таксономічну належність. Якщо всі ознаки, включаючи будову трихом, збігаються, це свідчить про приналежність об'єктів до однієї таксономічної одиниці (виду, роду), і навпаки, розбіжності в будові трихом вказують на різну таксономічну приналежність. Отже, дослідження трихом є важливим

етапом судово-біологічної експертизи рослинних об'єктів, що дозволяє отримати цінну інформацію для розслідування злочинів.

Посібник "Епідермальний аналіз частинок листя в судово-біологічній експертизі" [2] розглядає питання використання епідермального аналізу для дослідження частинок листя в контексті судово-біологічної експертизи. У посібнику описано методіку проведення такого аналізу, а також надано інформацію про будову епідерми листя та її діагностичні ознаки. Автор підкреслює важливість епідермального аналізу для розслідування різних злочинів, оскільки частинки листя можуть бути виявлені на місці злочину або на речових доказах. У таких випадках експерту може знадобитися визначити вид рослини, встановити належність частинок листя конкретним рослинам або порівняти зразки частинок листя. У зв'язку з цим, у посібнику представлені методи приготування препаратів з епідермою, описи її будови та характеристика діагностичних ознак

Навчальний посібник Л. Д. Орлової [17] є візуально орієнтованим довідником з анатомії та морфології рослин, в якому особливу увагу приділено ілюстраціям, які супроводжуються короткими описами основних структур. Посібник більше фокусується на основних органах рослин (листок, стебло, корінь), типах тканин, клітинних структурах та їх функціонуванні, а також загальній будові за допомогою чітких рисунків. Це робить його корисним для первинного ознайомлення/

Дотично до цієї теми, варто розглянути статтю Жеребка О.І. "Судово-біологічна експертиза: предмет, об'єкти, завдання", опубліковану в збірнику "Криміналістика і судова експертиза"[18]. Ця публікація є оглядово-концептуальною і має на меті окреслити сучасний стан і межі застосування судово-біологічних досліджень у правовій сфері. У статті розкрито особливості судово-біологічної експертизи як синтезуючого утворення, що виникає при взаємодії біологічних наук (біохімії, біометрії, генетики, біогеографії тощо) з іншими галузями знань природничого та правового профілю (кримінальним та цивільним правом і процесом, криміналістикою, судовою експертизою). Об'єкти судово-біологічної експертизи є специфічними, характеризуються відносною сталістю та виключним розмаїттям елементів зовнішньої та внутрішньої будови, що робить їх важливими для ідентифікації. Набуті в ході виконання лабораторних робіт знання та навички створюють міцну основу для проведення більш поглиблених та спеціалізованих досліджень, зокрема порівняльного аналізу морфології трихомів. Практикум закладає методологічний фундамент для майбутніх досліджень у галузі систематики рослин з використанням ознак опушення на мікроскопічному рівні, надаючи загальні відомості про покривні тканини рослин та різні типи трихомів.

"Ілюстрований довідник з морфології квіткових рослин" [19] є корисним для первинного ознайомлення з основними органами рослин, типами тканин та їхньою будовою, хоча й не фокусується безпосередньо на трихомах. Цей навчально-методичний посібник є ґрунтовним джерелом інформації. Книга створена як навчально-методичний посібник з морфології рослин, а також як науково-довідкове видання, та є цінним ресурсом для детального вивчення морфологічних структур, таких як трихоми, опушення та волоски. Посібник надає глибоке розуміння їх типів, будови та значення в систематиці рослин, що робить його незамінним для ботанічних досліджень та навчання. У довіднику наведено близько 700 термінів й понять з морфології квіткових рослин за основними групами органів українською та латинською мовами, разом з їх стислими характеристиками та схематичними рисунками (у кількості понад 400). Довідник включає також алфавітний українсько-латинський словник. Трихоми розглядаються як морфологічні структури епідермісу, зокрема в контексті покривних тканин. У посібнику надається класифікація трихомів за формою та функцією, включаючи прості, розгалужені, залозисті та інші типи. Описано розміри, щільність та особливості будови трихомів, а також їх роль у систематиці видів, що робить посібник корисним для таксономічних досліджень.

База даних First-nature [20], хоч і може бути корисним ресурсом для загальної інформації про рослини, має певні недоліки, особливо якщо розглядати її з точки зору потреб наукових досліджень трихомів, зокрема для судово-біологічної експертизи. Інформація про трихоми часто є неповною та несистематизованою. Описи можуть бути загальними, без детальних мікроскопічних характеристик.

Більшість зображень на сайті є макрознімками, які не дозволяють детально вивчити морфологію трихомів. Відсутні стандартизовані дані про методи дослідження, за допомогою яких було отримано інформацію про характеристики трихомів, що ускладнює оцінку достовірності та порівнянність даних. Також відсутня інформація про збільшення, якщо зображення є мікрофотографіями. База даних орієнтована на широку аудиторію, а не на спеціалізовані наукові дослідження, тому детальна інформація, необхідна для судово-біологічної експертизи, може бути відсутня або представлена в недостатньому обсязі. Пошук за конкретними характеристиками трихомів може бути складним або неможливим.

База даних identify.plantnet.org/uk [21], хоч і є корисним інструментом для загальної ідентифікації рослин за фотографіями, має певні обмеження. Одним з основних недоліків є те, що база даних в першу чергу орієнтована на ідентифікацію рослин за загальним виглядом, а не за мікроскопічними характеристиками. Хоча користувачі можуть завантажувати фотографії, вони зазвичай не є мікроскопічними зображеннями, які б

дозволяли детально вивчити морфологію трихомів. Інформація про трихоми, якщо вона взагалі доступна, часто є неповною та несистематизованою. Описи можуть бути загальними, без детальної інформації про тип трихомів (наприклад, залозисті, незалозисті, прості, розгалужені), їхні розміри, форму клітин, структуру поверхні та щільність.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИХОМІВ СУДИННИХ РОСЛИН

2.1. Матеріали та методи мікроскопічного аналізу

Дослідження проводилися з 11 січня по 29 квітня на кафедрі ботаніки та екології рослин біологічного факультету Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

Об'єкт дослідження: гербарні зразки з Гербарію Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (CWU). У межах дослідження усього було опрацьовано 83 гербарні зразки.

Предмет дослідження: особливості локалізації, різноманіття структури трихомів судинних рослин, їх використання у якості діагностичних ознак видової і групової приналежності.

Для дослідження були використані зразки судинних рослин, що зустрічаються в різних регіонах України та мають характерні для них трихоми. Усі зразки були детально проаналізовані на наявність трихомів різних типів (простих, складних, залозистих) на різних частинах рослини (листи, стебла, квітки).



Рисунок 2.1. Ізольований трихом покривного типу (одноклітинний вигнутий волосок), відокремлений від поверхні листка/стебла.

Для реалізації завдань даного дослідження було використано аналіз трихомів з використанням сучасних методів мікроскопії та цифрових технологій. Оскільки трихоми можуть бути корисними для встановлення ідентифікації рослин або визначення їх походження, особливо в контексті судово-біологічної експертизи, кожен етап дослідження потребує високої точності та акуратності.

Під час досліджень основним методом аналізу трихомів рослин була мікроскопія з використанням світла. Цей метод дозволяє детально вивчити морфологічні та структурні особливості трихомів, що є важливими для розуміння їх функцій у рослині.

Мікроскопічне дослідження трихомів судинних рослин здійснювалося упродовж січня—квітня 2025 року на базі кафедри ботаніки та екології рослин біологічного факультету Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Основою для аналізу слугували гербарні зразки, отримані з наукової колекції Гербарію CWU, які охоплювали представників родин Boraginaceae, Brassicaceae, Scrophulariaceae, Plantaginaceae та низки інших родин судинних рослин, поширених на території України [19].

Загалом для дослідження було відібрано понад 80 гербарних зразків, що належали до різних родів та видів. Критерієм вибору слугувала наявність опушення на вегетативних або генеративних органах (листках, стебла, віночках, чашечках, плодах), яке потенційно може містити діагностично цінні трихоми. Зразки були підібрані таким чином, щоб охопити морфологічне розмаїття трихомів, що використовуються у судовій ідентифікації рослинних об'єктів.

Мікроскопічний аналіз проводився з використанням стереоскопічного мікроскопа МСП-1, який забезпечує тривимірне спостереження за об'єктом у прохідному та відбитому світлі. Прилад має змінне збільшення в діапазоні 10–40х, нахил біокулярної насадки 45° та джерело світла у вигляді галогенової лампи потужністю 10 Вт.

Особливу увагу було приділено типу, формі, структурі та локалізації трихомів. Вивчалися такі параметри:

- морфологічна форма трихома (волосистий, лускоподібний, розгалужений, гачкоподібний тощо);
- кількість клітин у складі трихома (одноклітинні чи багатоклітинні);
- наявність залозистої головки та її структура;
- наявність чи відсутність цистолітів або інших включень;
- локалізація на органі (епідерма верхнього або нижнього боку листка, країв, черешка, стебла, чашечки, віночка тощо);

- густота розташування трихомів (розріджене, рівномірне, скупчене, поодинокі);
- орієнтація трихомів відносно площини органа (прилягають, підняті, спрямовані під кутом).

Кожен препарат аналізувався на декількох рівнях збільшення для отримання максимальної деталізації. Визначення характеру трихомів супроводжувалося мікрофотографуванням (описано в п. 2.2), а також внесенням результатів до польових таблиць, де фіксувалися основні діагностичні ознаки зразка.

Для кожного гербарного зразка зазначалися:

- латинська та українська назва виду;
- родина;
- дата збору.

У ході роботи проводилося паралельне порівняння трихомів між видами, що належать до однієї родини або до різних таксономічних груп. Це дозволило визначити як унікальні, так і повторювані морфологічні патерни.

Під час аналізу використовувалися також вторинні джерела – анатомічні атласи, фармакогностичні посібники та наукові публікації з описом типових трихомів певних видів. Визначення видів підтверджувалося на основі «Флори УРСР» (томи V–IX)[22, 23], де надано авторитетні описи морфологічних та анатомічних ознак рослин, що зростають в Україні.

2.2. Мікрофотографування та цифрова обробка зображень

Після підготовки зразків, їх розміщують на предметному склі, яке потім поміщають під мікроскоп. Для спостереження використовувалися різні об'єктиви з різним рівнем збільшення (10x, 20x, 30x, 40x), що дозволяє отримати чіткі та деталізовані зображення трихомів на різних етапах збільшення.

Ключовими характеристиками трихомів були зокрема їх типи (простий, залозистий, волосоподібний, складний), форма та розмір (довжина, діаметр, загальна структура), а також розташування на різних частинах рослини (листя, стебла, квітки), що може бути рівномірним або зосередженим в окремих ділянках.

Завдяки вбудованій камері цей метод є зручним для швидкої фіксації зображень без необхідності спеціального обладнання. Також для зручності використовувалася камера мобільного телефону. Якість зображення залежить від роздільної здатності

матриці фотокамери, тобто здатність передавати дрібні деталі зображення та налаштувань фокусування, проте для більшості біологічних досліджень цей метод є достатньо ефективним для документування та подальшого аналізу.

Процедура фотофіксації об'єктів дослідження за допомогою бінокюляра і камери мобільного телефону включає кілька етапів, які дозволяють отримати чіткі та детальні зображення для подальшого аналізу. Спочатку потрібно підготувати зразок: це можуть бути органи рослини, на яких розташовані трихоми, або інші мікроскопічні структури. Зразок розміщують на предметному склі, щоб було зручно працювати з ним через бінокляр.

Далі налаштовують бінокляр, обираючи відповідне збільшення. Важливо перевірити, щоб зображення було чітким, для цього налаштовується фокус та освітлення. Потім з допомогою камери мобільного телефону підносять до одного з окулярів бінокюляра. Важливо, щоб лінза камери була в центрі окуляра, щоб уникнути спотворень зображення. Для цього можна використати спеціальний адаптер або просто тримати телефон вручну, уважно зберігаючи стабільність.

Наступним кроком є фокусування камери. Більшість сучасних телефонів дозволяють вручну налаштовувати фокус для отримання чітких знімків. Якщо у телефоні є автофокус, можна скористатися цією функцією для автоматичного налаштування. Коли фокус встановлений, робимо знімок, при цьому стежимо за тим, щоб телефон залишався на місці. Щоб уникнути тремтіння під час зйомки, можна використати пульт дистанційного керування або таймер камери.



Рисунок 2.2 Мікрофотографія трихомів покривного типу на поверхні рослини, отримана за допомогою стереоскопічного мікроскопа та камери мобільного телефону.

Після того, як знімок зроблено, перевіряємо його якість на екрані телефону. Якщо зображення не дуже чітке, можна ще раз відрегулювати фокус або збільшення. Також можна використати функцію збільшення або редагування зображень на телефоні для покращення деталізації.

Отримані чіткі зображення можна зберігати в фотогалереї телефону або перенести на комп'ютер для подальшого аналізу. Ці зображення використовуються для вивчення характеристик трихомів, таких як їх розмір, форма та розташування. Завдяки цьому методу можна детально аналізувати морфологію зразків, порівнювати їх з іншими та робити висновки щодо їх ролі в житті рослини.

Процес фотофіксації через бінокляр за допомогою мобільного телефону є швидким і доступним способом отримати якісні зображення для подальшого дослідження, не потребуючи дорогого обладнання. Це дозволяє ефективно документувати результати дослідження для наукових робіт чи судово-біологічної експертизи.

Альтернативною є фотофіксації за допомогою вбудованої камери бінокюляра. Процедура фотофіксації за допомогою вбудованої камери бінокюляра залежить від типу пристрою, його конфігурації та програмного забезпечення. Однак загальний алгоритм включає кілька ключових етапів – від підготовки обладнання до отримання та обробки знімків.

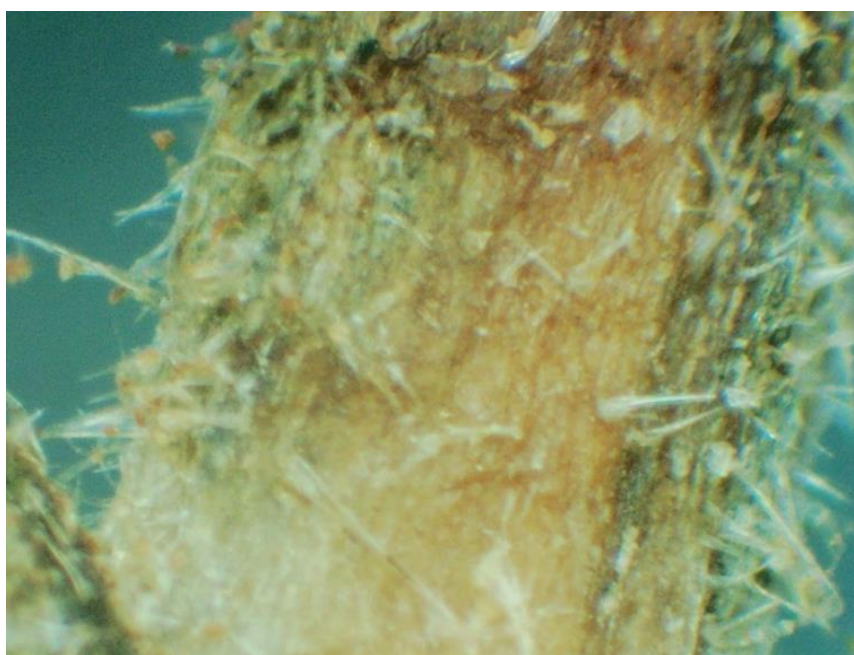


Рисунок 2.3. Мікрофотографія фрагмента стебла з поодинокими трихомами, ймовірно, залозистого або простого типу. Фото зроблено за допомогою стереоскопічного мікроскопа.

Перш ніж розпочати фотофіксацію, необхідно переконатися, що бінокляр і камера правильно підключені та налаштовані. Якщо камера вбудована, достатньо перевірити її живлення (батареї або підключення до ПК). Для зовнішніх камер важливо надійно закріпити їх на адаптері бінокюляра і під'єднати до комп'ютера через USB або інший інтерфейс. Додатково слід налаштувати освітлення об'єкта, оскільки якість знімків залежить від контрасту та рівномірності підсвічування. У програмному забезпеченні камери обирають параметри кольорового балансу, яскравості та роздільної здатності. Під час досліджень використовувалося програмне забезпечення "Micro Capture" ver.6.9.12. [24]

Програма Micro Capture 6.9.12 є інструментом для детального вивчення трихомів рослин у рамках біологічних досліджень. Це програмне забезпечення дозволяє здійснювати високоякісну фотофіксацію рослинних зразків за допомогою мікроскопічних зображень, що є необхідними для дослідження морфології трихом, їхніх структурних і функціональних характеристик. Однією з основних переваг Micro Capture є можливість налаштування параметрів зйомки, таких як фокусування, контрастність, яскравість, експозиція, що дозволяє досягти високої чіткості та деталізації на різних рівнях збільшення.

Програма дозволяє коригувати зображення після їх захоплення, застосовуючи фільтри для поліпшення контрасту або яскравості, що допомагає зробити структуру трихом більш чіткою і видимою.

Важливим аспектом є функція створення анованих зображень, де можна позначати ключові елементи досліджуваної структури трихом. Це спрощує процес аналізу та порівняння різних зразків у подальших дослідженнях або публікаціях. Зображення можна зберігати у різних форматах (наприклад, TIFF, JPEG) і експортувати для подальшої обробки в інших програмах чи для документування в наукових звітах.

Ідентифікація рослин у рамках даного дослідження здійснювалася за допомогою збірки "Флора Української РСР" (М. В. Клокова та О. Д. Вісюліної т. V — 1953, т. VIII за редакцією М. І. Котова та А. І. Барбарича, М. І. Котова т. IX) що є основним джерелом для визначення видового складу флори України. Цей довідник містить детальну інформацію про всі родини, роди та види судинних рослин, що зустрічаються на території України, включаючи морфологічні, анатомічні та екологічні характеристики кожного

виду. Для визначення рослинних зразків, що були використані для дослідження трихомів, проводилося порівняння їх зовнішніх ознак, таких як форма, розмір, тип і структура трихом, з описами та ілюстраціями, наведеними у "Флорі Української РСР". Це дозволяло точно встановити належність кожного зразка до конкретного виду чи роду [22, 23].

Під час досліджень вивчалися різні типи органів рослин, включаючи вегетативні (корінь з його поверхневими трихомами, що відіграють роль у поглинанні води, стебло з покривними тканинами та листок із трихомами, які впливають на транспірацію та захист), генеративні (квітки з трихомами на пелюстках і маточці, пов'язаними із запиленням, а також плоди й насіння із спеціалізованими поверхневими структурами) та спеціалізовані трихоми різних морфологічних типів (волоски, залозисті, лускоподібні), які виконують захисні, секреторні чи абсорбційні функції.

Після отримання цифрових зображень з мікроскопа, вони були ретельно переглянуті для оцінки якості та чіткості. Зображення з низькою якістю (розмиті, недостатньо освітлені) були виключені з подальшого аналізу. Зображення були відсортовані за номерами зразків, назвами видів рослин та типами органів (листки, стебла, квітки) для зручності подальшої обробки.

Оскільки головною метою дослідження було створення візуальної бази діагностичних ознак трихомів, важливим етапом роботи стала високоякісна фотофіксація об'єктів мікроскопічного спостереження. Отримання чітких зображень трихомів є ключовою умовою не лише для документування морфологічних особливостей, але й для подальшого порівняння з іншими зразками, розпізнавання патернів і створення цифрової бази даних для цілей судово-біологічної експертизи.

У дослідженні застосовувалися два методи фотофіксації:

1. Зйомка через окуляр бінокюляра за допомогою камери мобільного телефону.
2. Використання стереоскопічного мікроскопа МСП-1 із вбудованою цифровою камерою та програмним забезпеченням Micro Capture ver.6.9.12.

У першому випадку для отримання зображень об'єкта зразок попередньо розміщували на предметному столику. Для спостереження обирали збільшення 10×, 20× або 40× залежно від розмірів та типу трихомів. Камеру мобільного телефону (з роздільною здатністю не менше 12 Мп) розташовували впритул до окуляра, обережно вирівнюючи фокусну відстань. У більшості випадків фокусування здійснювалося вручну для досягнення максимальної чіткості структури трихомів. Для запобігання розмитості зображення використовували тримач для стабілізації телефону, або активувати функцію автоспуску. Після зйомки зображення оцінювали на екрані телефону, і якщо деталізація була недостатньою, проводили повторну спробу з коригуванням кута освітлення чи

фокусної відстані. Перевагою цього методу є його доступність та можливість оперативної фотофіксації без необхідності складного обладнання.

Другий метод — за допомогою цифрової камери, вмонтованої у мікроскоп — забезпечував вищу якість зображення, стабільне освітлення та точну передачу кольору. Система керувалася через програмне забезпечення Micro Capture ver.6.9.12, що дозволяло:

- обирати режим освітлення (яскравість, контраст);
- регулювати експозицію, фокус і масштабування;
- застосовувати фільтри для покращення зображення;
- робити знімки у форматах JPEG, TIFF з роздільною здатністю до 1600×1200 пікселів;
- створювати анотації до зображень (назва виду, номер зразка, орган, тип трихома);
- здійснювати базову обробку: обрізку, підвищення чіткості, підписування фрагментів.

Отримані зображення оцінювалися на предмет чіткості, розрізнення контурів клітин, наявності видимих клітин трихома та чіткого фону. Фотоматеріал, що не відповідав вимогам (розмитий, пересвічений, з недостатнім фокусом), не використовувався в базі даних.

2.3. Створення таблиць та бази даних діагностичних ознак трихомів

Для систематизації даних про трихоми рослин, отриманих у процесі дослідження, було створено таблиці, які відображають порівняльні характеристики опушення для різних видів рослин із родин Boraginaceae, Brassicaceae, Scrophulariaceae та Plantaginaceae. Кожна таблиця структурована таким чином, щоб забезпечити чітке порівняння морфологічних ознак трихомів за видами та органами рослин. Загальна структура таблиць включає такі стовпці:

1. Назва виду (латинська назва): Вказує вид рослини, наприклад, *Echium vulgare*, *Plantago major*, *Veronica chamaedrys* тощо.
2. Опушення стебла/квітконоса: Описує наявність, тип (прості, залозисті, зірчасті тощо), густоту та локалізацію трихомів на стеблі чи квітконосі.
3. Опушення листків: Характеризує трихоми на листках (наявність, тип, густота, розташування на верхній чи нижній поверхні).

4. Опушення віночка/чашечки: Вказує особливості опушення репродуктивних органів, таких як віночок, чашечка чи тичинкові нитки.

5. Опушення плодів: Описує трихоми на плодах (горішках, стручечках, коробочках), якщо такі є.

Структура бази даних (рис. 3.1)

База даних для зберігання та організації фотоматеріалів і характеристик трихомів була створена на Google Drive із чіткою ієрархічною структурою для зручного доступу та аналізу. Структура бази даних виглядає наступним чином:

1. Коренева тека: Містить окремі теки для кожної досліджуваної родини рослин (Boraginaceae, Brassicaceae, Asteraceae, Plantaginaceae).

2. Теки родів: У межах теки кожної родини створювалися підтеки для окремих родів, що об'єднували дані про види.

Приклад: У теці Boraginaceae є підтеки *Echium*, *Pulmonaria*, *Cynoglossum* тощо.

У теці Brassicaceae – *Crambe*, *Berteroa*, *Arabidopsis* тощо.

3. Теки видів: Для кожного виду створювалася окрема тека, яка містила фотоматеріали та описи.

Приклад: У теці роду *Echium* є підтеки *Echium vulgare*, *Echium italicum* тощо.

У теці роду *Crambe* – *Crambe tatarica*, *Crambe pontica*, *Crambe aspera*.

4. Підтеки органів рослини: У межах теки виду створювалися підтеки для різних органів рослини, що аналізувалися (листки, стебла, квітки, плоди).

Приклад: Для *Crambe tatarica* є підтеки Листки, Стебла, Квітки, Стручечки.

5. Фотоматеріали та описи:

Кожна підтека органу містить цифрові зображення трихомів, отримані за допомогою стереоскопічного мікроскопа МСП-1 та програми Micro Capture ver.6.9.12 або камери мобільного телефону.

До зображень додавалися текстові файли з описами характеристик трихомів (тип, форма, розмір, густина, локалізація).

Для забезпечення систематизації результатів мікроскопічного дослідження трихомів та створення уніфікованого інформаційного ресурсу, який можна використовувати в судово-біологічній експертизі, було сформовано комплекс таблиць і цифрову базу даних, що відображають морфологічні характеристики трихомів у представників досліджених родин судинних рослин. Ця база створена на основі авторських мікрофотографій, отриманих у ході дослідження, та морфометричних описів, виконаних під час спостереження.

Передусім була розроблена структура таблиць, у якій кожен рядок відповідає одному виду рослин, а кожен стовпець — окремій морфологічній або локалізаційній ознаці трихомів. Всього було сформовано чотири основні таблиці за родинami: Boraginaceae, Brassicaceae, Plantaginaceae та Asteracea. Усі таблиці мають уніфіковану структуру, що дозволяє здійснювати порівняльний аналіз між видами та родинami.

Основними полями таблиць є:

1. Назва виду (латинська) — повне латинське найменування рослини згідно з прийнятою таксономією (наприклад, *Echium vulgare*, *Plantago major*).
2. Опушення стебла/квітконоса — опис типу трихомів (простий, залозистий, зірчастий, багатоклітинний тощо), їх густоти (розріджене, густе, рівномірне, плямисте) та локалізації (по всій поверхні, лише ребра, тільки верхівка).
3. Опушення листків — вказується, чи трихоми наявні на верхній і/або нижній епідермі, їх тип, орієнтація (прилягають, підняті, спрямовані під кутом), довжина, кількість клітин у складі волоска.
4. Опушення віночка/чашечки — морфологія трихомів на генеративних органах, що має велике значення при ідентифікації частин квітки, які часто залишаються після механічної дії або зношування.
5. Опушення плодів — опис трихомів на плодах (горішках, стручках, капсулах), що може слугувати окремим діагностичним критерієм у разі виявлення залишків плодів на одязі, транспортних засобах, ґрунті тощо.

До кожної таблиці додано фотоматеріали, що дозволяють верифікувати описані ознаки. В окремих випадках — наприклад, для видів *Crambe tatarica*, *Veronica chamaedrys* чи *Echium italicum* — були надані декілька зразків одного виду, що дозволило зафіксувати внутрішньовидову варіабельність у типі та густоті трихомів.

Паралельно з таблицями формувалася цифрова база даних, що розміщена на платформі Google Drive із багаторівневою структурою. Кожна одиниця бази містить:

- фотозображення трихомів, збережені у форматі JPEG з роздільною здатністю не нижче 1200×900 пікселів;
- текстовий файл опису (формат .txt або .docx) з детальними характеристиками трихомів для конкретного зразка;
- вказівку на джерело зразка (номер гербарного аркуша, місце збору);
- позначення органу рослини, з якого взято матеріал (листок, стебло, квітка, плід).

Структура каталогів виглядає так:

- Рівень 1: Родина (наприклад, Boraginaceae);
- Рівень 2: Рід (наприклад, *Echium*);

- Рівень 3: Вид (наприклад, *Echium vulgare*);
- Рівень 4: Орган (листки, стебла, квітки, плоди).

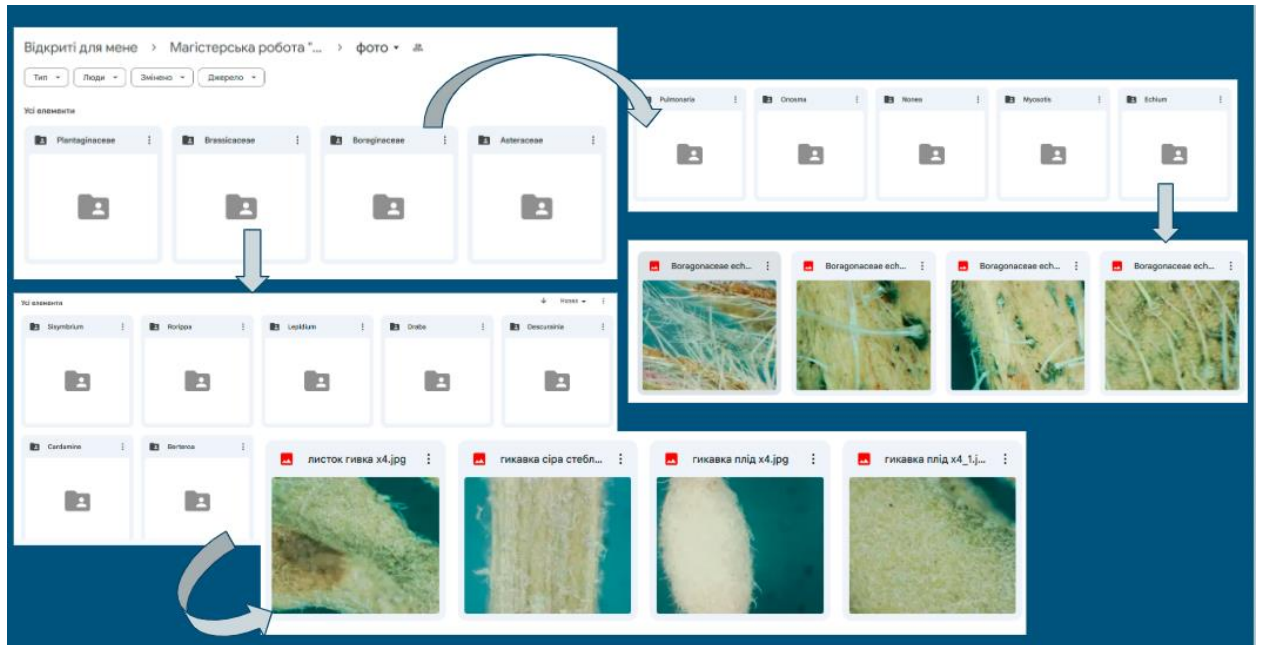


Рис. 2.4. Принцип організації бази даних

РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРИХОМІВ

ДОСЛІДЖЕНИХ ВИДІВ

Аналіз літературних джерел виявив недосконалість термінології щодо характеристики типів опушення рослин і особливостей будови трихомів. На підставі опрацювання наявних джерел нами здійснено уніфікацію термінології (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Морфологічні типи листків в залежності від особливостей опушення

Голий лист	Glabrum	Відсутні трихоми
Оголений лист	Glabratum	Частина трихом зникла
	glabrescens	Спочатку орган мав опушення, але з часом повністю його втратив
Рідковолосистий	villosulus	Кількість трихомів дуже мала
Пухнастий	Pubescens	З тонкими, короткими трихомами, розміщеними на помітній відстані один від одного
Волосистий	Pilosum	З тонкими, довгими трихомами розміщеними на помітній відстані
Мохнатий	Villosum	З тонкими, довгими близько розміщеними трихомами
Шовковистий	Sericeum	З блискучими, зазвичай довгими, дуже густо і в одному напрямку розміщеними, зазвичай прилеглими трихомами
Оksamитовий	Velutinum	З ніжними, короткими, дуже щільно один до одного прилеглими, округловершинними і зазвичай прямостоячими трихомами
Повстистий	Lanatum, lanuginosum	З довгими більш-менше зігнутими трихомами, тісно зімкнутими
Павутинисто опушений	Archnoideum, arachneosum	З довгими, дуже тонкими, заплутаними трихомами
Жорстко коротковолосистий	Hirtum	З щільними, короткими трихомами, більш-менш зімкнутими
Жорстковолосистий	hirsutum	З довшими, щільними, еластичними, з більш-менш тісно прилеглими, іноді злегка викривленими
Шорсткий	Hispidum	З довшими, щільними, не еластичними, жорсткими не щільно розміщеними і не викривленими, деколи різної довжини
Щетинистий	setosum	З товстими і довгими, біля основи розширеними і великою загостреною частиною вершини

3.1. Особливості трихомів родини Boraginaceae

Boraginaceae - трав'янисті, здебільшого шорстковоолосисті р. Л. чергові, без прилистків. Квітки двостатеві, правильні, рідко трохи неправильні, в однобічних, до цвітіння спіралью закручених китицях або колосках (завійках), які розміщені поодиночі на верхівках стебел або ж утворюють складне волотевидне суцвіття. Чаш. 5-роздільна або 5-зубчаста, залишається при плодах і часом розростається. Він. зрослопелюстковий, з короткою або б.-м. довгою трубкою і 5-лопатеvim, іноді помітно неправильним або майже двогубим відгином, при основі якого (у зіві) здебільшого є 5 невеличких виступів (лусочок), вкритих сосочками або пучками волосків. Тичинок 5. Маточка при основі з диском; зав'язь верхня, 4-гнізда, рідко 2-гнізда, звичайно 4-лопатева, рідше суцільна. Стовпчик один, з цілісною або 2-роздільною приймочкою. Плід сухий, розпадається на 4, рідше на 2 горішки, звичайно прикріплених до стовпчика квітколожа (гінофора), іноді місце прикріплення плоске, рідше плід — кістянка. 1. Стовпчик короткий, виходить з верхівки цілісної зав'язі і несе товсту конічну приймочку 2 — Стовпчик довгий, виходить з проміжку між лопатями глибоко-4-роздільної зав'язі і несе маленьку, головчасту, нерідко 2-лопатеvu приймочку 3 2. Плід великий, 8—10 мм в діам., достиглий розпадається на 2 двогнізді кістянки [22].

Розглянуті види наступних родів: *Onosma*, *Symphytum*, *Pulmonaria*, *Nonea Medik*, *Echium*. Для родини шорстколисті характерне різноманітне опушення, яке є важливим діагностичним критерієм для розпізнавання окремих видів. Загалом, для цієї родини типові жорсткі щетинисті волоски, але можуть зустрічатися також короткі та залозисті (рис. 3.1). Характер опушення варіює за типом волосків, їх щільністю, розташуванням на різних частинах рослини, а також наявністю або відсутністю сидячих виростів.

Незабудочник (*Eritrichium Schrad.*) вирізняється наявністю м'якого повстистого опушення по всій рослині. Це створює враження м'якої, густо вкритої волосками поверхні. На противагу цьому, Воловик (*Anchusa*) характеризується шорсткою поверхнею, оскільки вся рослина вкрита більш-менш жорсткими відлеглими волосками, що робить її відчутно грубою на дотик. Таким чином, м'яке повстисте опушення Незабудочника різко

контрастує з жорсткою шорсткістю Воловика, дозволяючи відрізнити ці два роди за характером загального опушення. За такою ознакою як опушення горішків можна відносно чітко ідентифікувати види родів *Omphalodes* Moench (Поєднання пухнастого опушення та ямочки на спинці горішка робить *Omphalodes* досить легко впізнаваним за плодами серед інших представників родини) [25].

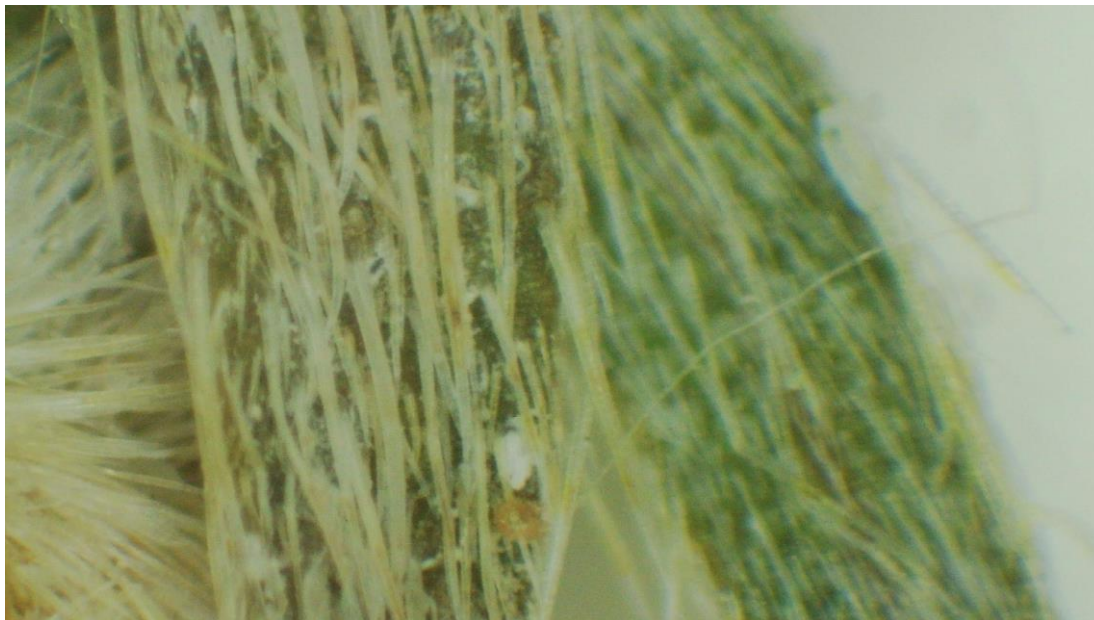


Рисунок 3.1. Стебло рослини з щетинистими трихомами покривного типу, характерними для більшості представників родини Boraginaceae

Для роду Гакелія (*Hackelia* Oriz.) характерні горішки, що мають коротке опушення з боків та по спинці, що вказує на наявність дрібних волосків на їхній поверхні. Додатковою діагностичною ознакою є наявність одного ряду шипиків, які можуть варіювати за формою та іноді з'єднуватися біля основи, утворюючи вузьке зубчасте крило, проте у деяких видів шипики по краю можуть бути відсутні. Поєднання короткого опушення з наявністю або відсутністю та особливостями шипиків є важливим критерієм для розрізнення окремих видів цього роду.

Для роду Чорнокорінь (*Cynoglossum* L.) характерне опушення горішків, яке є важливою діагностичною ознакою. Їхні горішки вкриті по всій поверхні численними гачкуватими шипиками, що забезпечує ефективне поширення плодів завдяки прикріпленню до шерсті тварин або одягу людини. Крім того, горішки мають приплюснуту форму та прикріплюються до плоского квітколожа, а біля основи спостерігається складчасте кільце навколо заглибини. Саме наявність цих характерних гачкуватих шипиків робить плоди чорнокореня легко впізнаваними серед інших

представників родини шорстколисті . Різноманітність опушення горішків у межах роду *Rochelia* означає, що для точного визначення виду потрібно враховувати конкретний тип опушення (якщо воно є) у поєднанні з іншими морфологічними ознаками плодів (форма, розмір, наявність зморшок чи горбочків). Для *Lappula*, горішки є дрібногорбочкуватими. Це ключова характеристика, яка відрізняє їх від багатьох інших шорстколистих з опушеними плодами.

Таблиця 3.2. Порівняльна характеристика видів роду *Echium* (Boraginaceae)

Назва виду	Опушення стебла	Опушення листків	Опушення чашечки	Опушення віночка/тичинок
<i>Echium rubrum</i>	Густо жорстковолосисте, на горбочках	Коротко-жорстковолосисті	Жорстковолосиста	Зовні опушений, по жилках густо, тичинки трохи опушені
<i>Echium italicum</i>	Густо жорстковолосисте, довгі волоски	–	Густо довговолосиста	Зовні по жилках опушений, стовпчик опушений
<i>Echium vulgare</i>	Жорстковолосисте, коротко-притиснуте	Знизу густо опушені, зверху менш	Густо довговолосиста	Зовні розсіяно опушений, маточка волосиста
<i>Echium plantagineum</i>	Шерстисто-волосисте, довгі щетинки	М'якоопушені, на горбочках	Довговолосиста	По жилках опушений, між жилками голий, тичинки волосисті

Таблиця 3.3. Порівняльна характеристика видів роду *Pulmonaria* (Boraginaceae)

Назва виду	Опушення стебла	Опушення листків	Опушення квітконіжок/чашечки	Опушення віночка/горішків
<i>Pulmonaria mollissima</i>	Негусто м'яковолосисте, зверху залозисте	Бархатисті, густо м'яковолосисті	М'яко-залозисто опушені	У трубочці густоволосистий, горішки спочатку опушені, потім голі

Pulmonaria angustifolia	Шорстке, назад відігнуті волоски, залозисте	Густо жорстковолосисті, по краю залозисті	Шерстисто опушені, рідко залозисті	У зіві нижче волохатого кільця голий або розсіяно опушений
Pulmonaria officinalis	Жорстковолосисте, короткозалозисте	Жорстковолосисті, знизу слабше	Залозистоопушені	У зіві пучки волосків, горішки спочатку опушені, потім голі
Pulmonaria obscura	Густо жорстковолосисте	Негусто жорстковолосисті	—	У зіві пучки волосків, горішки спочатку опушені, потім голі
Pulmonaria rubra	Довгі відстовбурчені волоски, зверху густо залозисте	—	—	—
Pulmonaria filarszkyana	Знизу майже голі, зверху коротковолосисті	Рідше опушення	Відстовбурчено коротковолосисті, залозисті	У зіві пучки волосків

3.2. Морфологічні ознаки трихомів Brassicaceae, Plantaginaceae

Родина Brassicaceae, Cruciferae – Капустяні – це трав'янисті рослини або дрібні півкущі, опушені звичайними або розгалуженими волосками. Листки чергові. Квітки двостатеві, правильні, суцвіття китиця. Чашолистків і пелюсток чотири. Тичинок 6, дві з яких коротші за інші. Маточка з двох плодолистків, зав'язь верхня; стовпчик часто короткий; приймочка головчаста або двороздільна. Плід – стручок або стручечок або плід – одногніздий однонасінний нерозкривний [23].

Родина налічує понад 3000 видів. Серед них з них в Україні росте 230 видів з 65 родів, серед існуючих видів ми розглянули Alyssum, Erophila, Berteroa, Dentaria, Lepidium. Crambe, Arabidopsis, Rorippa, Barbarea, Descurainia, Alliaria, Sisymbrium.

З метою ідентифікації окремих представників родини Капустяні слід звертати увагу розмір органів рослини, їх розміщення, особливо на листки, їх форму, особливості краю; розмір пелюсток, їх тип, колір, кількість. Деякі роди можна відрізнити за розміром плоду, його формою, кількістю насінин. У сукупності важливу роль в ідентифікації як

родів, так і видів відіграє така ознака як опушення: як його наявність так і відсутність його. Різниця між густиною опушення має значення при визначенні роду *Matthiola*. При цьому рослина може бути опушена лише в деяких ділянках, до прикладу лише на верхніх чи нижніх листках (*Myagrum* не мають опушення на верхніх листках). Стебло (наприклад стебло *Clausia* вкрите короткими шорстими залозистими волосками з домішкою довгих щетинистих відстовбурчених волосків). Відразу зрозуміло, що за типом переважаючої кількості волосків можна відрізнити представників одного виду від іншого *Clausia* відрізняється від *Hesperis* тим, що в останнього присутні галузисті волоски з домішкою простих і залозистих). Так, *Berteroa* (Гикавка) відрізняється серед інших сіруватим від густого опушення кольором. *Rorippa* навпаки або взагалі гола, або майже гола.

Chorispora (Хориспора) вкрита головчастими короткими волосками, на противагу *Neslea* (Несля) має шершаво-пухнасте опушення. За будовою волосків унікальним в цій родині є *Clupeola*, чия поверхня вкрита зірчастими волосками. Сиренія вкрита притиснутими двороздільними волосками. За ступенем розгалуження (прості, 2-, 3-5 роздільних, зірчастих) трихомів можна розрізнити *Raphanus* та *Matthiola*. У Редьки вони будуть простими, а Левкой на всіх частинах рослини матиме зірчасті або 2-3 роздільні волоски.

Наведена нижче таблиця 3.4 узагальнює характеристики опушення деяких представників родини *Brassicaceae*. Наведена таблиця демонструє різноманітність характеристик опушення у десяти представників родини Капустяні (*Brassicaceae*). Аналіз показує, що ознаки опушення, такі як його наявність, тип трихомів та розподіл по різних органах рослини (стебло, листки, квітки/плоди), є важливими морфологічними критеріями для розрізнення видів у межах цієї родини.

Так, деякі види, як Талабан польовий (*Thlaspi arvense*) та Суріпниця звичайна (*Barbarea vulgaris*), характеризуються переважно голою поверхнею або дуже рідким опушенням. На противагу їм, Гикавка сіра (*Berteroa incana*) має густе сірувате опушення, утворене зірчастими волосками, що є її характерною ознакою.

Типи трихомів варіюють серед досліджених видів. Переважають прості волоски, але зустрічаються також галузисті (*Драба дібровна* - *Draba nemorosa*, *Арабідопсис Таля* - *Arabidopsis thaliana*), зірчасті (*Гикавка сіра* - *Berteroa incana*, *Кудрявець Софії* - *Descurainia sophia*) та навіть головчасті (*Хрiниця густоцвіта* - *Lepidium densiflorum*). У деяких видів спостерігається комбінація різних типів трихомів.

Розподіл опушення також є видоспецифічним. Наприклад, у Кінського часнику лікарського (*Alliaria petiolata*) опушення зосереджене переважно в нижній частині стебла

та на черешках листків, тоді як верхні листки є голими. У Сухоребрика лікарського (*Sisymbrium officinale*) верхня частина стебла опушена густіше.

Особливості опушення, такі як його щільність, колір (сіруватий у видів із зірчастими волосками) та наявність на певних структурах (наприклад, волоски на чашолистках у *Arabidopsis thaliana*, на стручечках у *Berteroa incana*), надають додаткову інформацію для ідентифікації.

Таблиця 3.4. Характеристики опушення деяких представників родини Brassicaceae:

Вид (латинська назва)	Стебло	Листки	Квітки/плоди	Тип трихом	Особливості
Талабан польовий (<i>Thlaspi arvense</i>)	Голе	Голі	Голі	Відсутні	Повністю гола рослина
Гикавка сіра (<i>Berteroa incana</i>)	Сірувате від зірчастих волосків	Сіруваті, густо опушені	Стручечки з зірчастими волосками	Зірчасті	Щільне сірувате опушення
Драба дібровна (<i>Draba nemorosa</i>)	Вкрите галузистими волосками (2-4- роздільні)	З галузистими волосками	Стручечки з жорсткими простими волосками	Галузисті + прості	Нижня частина стебла густіше опушена
Сухоребрик лікарський (<i>Sisymbrium officinale</i>)	Вкрите назад загнутими волосками	Опушені	Стручки з рідкими волосками	Прості, загнуті	Верх стебла густіше опушений
Суріпниця звичайна (<i>Barbarea vulgaris</i>)	Голе	Рідко опушені по жилках	Стручки голі	Прості (рідкісні)	Переважно гола рослина
Хрiниця густоцвіта (<i>Lepidium densiflorum</i>)	Вкрите головчастими волосками	Голі або рідко опушені	Стручечки голі	Головчас ті	Опушення концентрується на стеблі
Кудрявець Софії (<i>Descurainia sophia</i>)	Сірувато- коротко опушене	Сіруваті від густого опушення	Стручки голі	Прості + зірчасті	Молоді рослини густіше опушені

Крупка звичайна (<i>Erophila verna</i>)	Розсіяно опушене	Розсіяно опушені	Стручечки голі	Прості	Опушення нерівномірне
Арабідопсис Таля (<i>Arabidopsis thaliana</i>)	Нижня частина з простими та 2-3-роздільними волосками	Нижні листки з галузистими волосками	Стручки голі	Прості + галузисті	Волоски на чашолистках
Кінський часник лікарський (<i>Alliaria petiolata</i>)	Внизу волосисте, вгорі рідше	Внизу волосисті, вгорі голі	Стручки голі	Прості	Черешки листків густо опушені



Рисунок 6. Розгалужений тип трихомів, характерний для родів *Draba* та *Arabidopsis*.

Отже, аналіз родини Капустяні (*Brassicaceae*) виявив значну різноманітність у типах, розподілі та особливостях опушення, що є цінною ознакою для ідентифікації її представників. Переходячи до наступної численної та морфологічно різноманітної групи, якою є родина Ранникові (*Scrophulariaceae*), слід зазначити, що, поряд з такими характеристиками, як форма листків, будова квітки та кількість тичинок, особливості опушення також відіграють важливу роль при ідентифікації її представників.

Родина ранникові широко розповсюджена в помірних широтах, де представлена трав'янистими рослинами, але має своїх представників і у субтропіках та тропіках, де можуть зустрічатися також кущі та дерева. Серед представників родини є цілий ряд 81

напівпаразитів, паразитів і сапрофітів. Листки прості, без прилистків, супротивні, або чергові. Квітки в цимозних суцвіттях, двостатеві, частіше зигоморфні, значно рідше актиноморфні. Чашечка 4-5- членна, зрослась при основі. Віночок 4-5 лопатевий, колесоподібний, лійкоподібний або двогубий, іноді зі шпорцем (*Linaria*). Андроцей із 2-5 тичинок, гінецей із 2 плодолистиків, зав'язь верхня, плоди – коробочки, інколи ягодоподібні, або кістянкоподібні. Назву родина отримала від роду ранник (*Scrophularia*). Ранник вузлуватий зростає на галявинах листяних лісів, серед кущів. Має м'ясисте бульбоподібно потовщене кореневище, прямостояче, чотиригранне, гладеньке стебло до 40-100 см заввишки. Листки черешкові, видовжено-яйцеподібні, пилчасті, гострі. Суцвіття розлоге, із бурувато-зелених дрібних квіток. Віночок глечикоподібнодзвоникуватий із двогубим п'ятилопатеvim відгином. Андроцей із 4 функціональних тичинок і однієї, що перетворилась на стамінодій, гінецей із 2 плодолистиків, плід коробочка.

Види роду наперстянка містять серцеві глікозиди, тому культивуються як лікарські рослини. Наперстянка пурпурова культивується як декоративна рослина, а наперстянка великоквітова зрідка зустрічається на узліссях широколистяних лісів. Вона має розетку широколанцетних листків, із якої розвивається генеративний пагін із однобічним суцвіттям крупних дзвоникоподібних зигоморфних квіток жовтого кольору. Віночок значно перевищує за розмірами чашечку, чотирилопатевий на верхівці, на звернутій донизу частині містить волоски та мармуровий малюнок – орієнтир для запилювачів. Плід двостулкова коробочка із дуже дрібним насінням. На луках, галявинах зростають види родів перестріч і дзвінець, що є напівпаразитами. Завдяки зеленим листкам вони активно фотосинтезують, але воду та мінеральні солі отримують від рослин-господарів, лучних злаків, до коренів яких присмоктуються гаусторіями [25].

Опрацьовано гербарні зразки, які є представниками *Scrophularia* та *Verbascum*.

У родині Ранникові (*Scrophulariaceae*) спостерігається різноманіття типів трихомів, серед яких виділяються залозисті, кучеряві та внутрішні волоски віночка. Залозисті трихоми, наприклад, у *Scrophularia cretacea* мають секреторні головки та часто концентруються у суцвіттях, виконуючи захисну або запилювальну функції [22].

Розподіл трихомів у Ранникових також є різноманітним і може варіювати на різних частинах рослини. Опушення стебла може бути густим (як у *Scrophularia cretacea*) або майже відсутнім (*Scrophularia nodosa*) На листках опушення часто нерівномірне, з голою або рідкоопушеною верхньою стороною та густо волосистою нижньою. Плоди (коробочки) зазвичай є голими або з рідкими волосками. Між видами спостерігається значна варіабельність опушення. Наприклад, *Scrophularia cretacea* має переважаючі білі залозисті волоски, *Scrophularia nodosa* – рідкісні короткі залозисті трихоми на верхівці,

Veronica teucrium – кучеряві волоски на листках знизу, а *Veronica chamaedrys* – унікальне опушення стебла двома рядами. Ці відмінності в характері опушення є важливими для ідентифікації окремих видів родини Ранникових.

(*Verbasum laxum*) при ідентифікації представників цієї родини приділяють таким морфологічним характеристикам, як форма листків, будова квітки, кількість тичинок, а також — дуже важливо — характер опушення. Трихоми (волоски) у Ранникових часто відіграють ключову роль у розпізнаванні родів і видів, оскільки варіюють за типом, густотою, будовою та розташуванням.

Опушення може мати як адаптаційне значення (захист від випаровування, перегріву, фітофагів), так і бути надійною діагностичною ознакою. Наприклад, у роду *Verbascum* (дивина) вся рослина зазвичай вкрита густим сріблястим опушенням, яке добре помітне навіть неозброєним оком. У *Paulownia* знизу листки мають густе опушення, що також відображається у визначниках. У *Euphrasia* (очанка) густота й тип волосків (прості чи залозисті) використовуються для розрізнення видів, а в *Odontites* (кравник) пухнастість пиляків є однією з таксономічних ознак.

3.3. Визначення таксономічної належності за мікроскопічними ознаками

У роду *Scrophularia* (ранник) ступінь опушення варіює — від голих до густоопушених стебел і чашечок — що є вагомою ознакою при визначенні близьких видів. У таких родах, як *Linaria*, *Pedicularis* та *Digitalis*, значення має не лише наявність волосків, а й їхній тип: залозисті, прості, зірчасті чи гачкуваті. Наприклад, у *Pedicularis* щільне залозисте опушення на приквітках і чашечці може бути вирішальним при ідентифікації.

Таблиця 3.5. Порівняльної характеристики опушення двох видів роду *Scrophularia*:

Орган рослини	<i>Scrophularia cretacea</i> (Ранник крейдяний)	<i>Scrophularia nodosa</i> (Ранник вузлуватий)
Стебло	Вкрите білими залозистими волосками; білувато-залозисто-пухнато опушене	Гладке, іноді на верхівці трохи залозисте; голе або з дуже коротким опушенням
Листки	З розсіяними залозистими волосками	Гладкі; майже голі, іноді поодинокі залозисті трихоми на жилках

Квітконіжки	Залозисто-опушені	Буро-короткозалозисті
Чашечка	Вкрита розсіяними залозистими волосками з білоплівчастими частками	Гола
Тичинкові нитки	Розсіяно-залозисто опушені	З залозистими нитками

Родина Plantaginaceae — Подорожникові — це переважно трав'янисті рослини, рідше напівкущі, які широко поширені у світі та мають характерні діагностичні ознаки. Для представників родини типовою є прикоренева розетка листків, хоча в окремих видів стебло також може бути облистнене. Суцвіття частіше за все мають вигляд щільних колосків, іноді видовжених або коротших, з дрібними, малопомітними квітками. Віночок білуватий, сріблястий або буруватий, чотирилопатекий. Тичинок чотири, маточка одна, зав'язь верхня. Плід — коробочка з 2—10 насінинами. В Україні поширено близько 15 видів роду *Plantago*, серед яких трапляються як автохтонні, так і інтродуковані види-бур'яни [25].

Однією з ключових ознак при ідентифікації видів подорожника є опушення — його наявність, щільність, локалізація та тип волосків. Ця ознака відображає екологічну адаптацію рослини до різних умов середовища. У представників родини волоски можуть бути м'якими, шорсткими, притиснутими, залозистими або розсіяними. Часто опушення покриває листки, черешки, стебло, приквітки або навіть трубочку віночка. У деяких видів ця ознака є вирішальною для таксономічного розмежування (табл. 3.6).

Так, серед видів із вираженим опушенням виділяються *Plantago lanuginosa* (П. шерстистий), який має густоопушені листки та черешки з білуватими волосками, *P. maxima* (П. найбільший) — з шорсткоопушеними листками та черешками, *P. cognopus* (П. перистий) — з короткоопушеними листками та опушеною трубочкою віночка. В *P. maritima* (П. приморський) трубочка віночка волосиста, а верхня частина квітконосного стебла — залозисто-волосиста. У підвиді *P. lanceolata* ssp. *lanuginosa* опушення також рясне й охоплює більшість органів.

Таблиця 3.6 - Характеристика опушення представників роду *Plantago*

Назва виду	Опушення стебла/квітконоса	Опушення листків	Опушення віночка/чашечки	Примітки

<i>Plantago major</i>	Негусто притиснутоопушене	Короткоопушені або майже голі	Частки віночка трубочка опушена	Чашолистки голі
<i>Plantago salsa</i>	Притиснуто волосисте, у верхній частині залозистоволосисте	Коротко- або розсіяноволосясті	Трубочка віночка зовні волосиста	Приквітки голі або опушені
<i>Plantago media</i>	Притиснутоволосясте	З обох боків волосисті, м'якоопушені	—	Приквітки широкоплівчасті
<i>Plantago stepposa</i>	Густо опушене, особливо під колосом	Густоволосисті, коротко м'якоопушені	Трубочка віночка опушена, частки голі	—

Види зі слабшим, розсіяним або м'яким опушенням включають *P. media* (П. середній), *P. stepposa* (П. степовий), *P. Schwarzenbergiana*, *P. cornuti*. Для цих рослин характерне менш щільне або лише локальне опушення — наприклад, з нижнього боку листків або на черешках. У деяких із них волоски розташовані тільки по краях або спинці чашолистків.

Серед повністю голих або майже голих видів вирізняються *P. glabriflora* (П. голоцвітий) — з абсолютно голими листками та чашечкою, *P. atrata* (П. чорнуватий) — з майже голими приквітками, а також типовий *P. major* (П. великий), у якого листки або повністю голі, або ледь опушені. У *P. lanceolata* (П. ланцетолистий) у типовій формі черешки та стебло також слабоопушені або зовсім голі.

У представників роду Вероніка наявні різні типи трихомів, які можуть бути локалізовані на стеблі, листках, плодах. Трихоми можуть бути як складні, так і прості. Типи простих трихомів: прості(посилання), залозисті (посилання), нитчасті кучеряві(посилання), шиловидні; багатоклітинні: залозисті, членисті, вузлуваті трихоми. Певним видам притаманні як одного типу трихоми(приклад), так і кількох видів(приклад).

Серед досліджених видів слід спостерігається перевага розміщення трихомів у верхній частині рослини, а також їх відсутність на коробочці. Важливої ознаки для ідентифікації виду має розміщення трихомів у *Veronica chamaedrys* (Стебло на всьому протязі з двома супротивними і черговими рядками волосків). Поміж того відсутність опушення на рослині також дає можливість ідентифікувати її. До прикладу такий вид як *Veronica anagallis-aquatica* може взагалі не мати опушення або може мати лише залозисте опушення. За типом трихомів унікальними є *veronica teucrium* та *Veronica longifolia* з

притаманним лише їм кучерявими трихомами . За шорстким типом опушення листків можна визначити *veronica steppaceae*.

Аналізуючи опушення представників роду *Veronica*, можна виявити значну різноманітність у характері трихомів. Так, у *Veronica steppaceae* переважають довгі прості незалозисті волоски, що густо вкривають верхню частину рослини, тоді як нижня частина майже гола. Листки цього виду є шорсткими та також опушеними простими волосками. *Veronica spicata* характеризується опушенням з коротких розчепіrenих волосків, іноді з домішкою залозистих, особливо на генеративних органах. Трубочка віночка у цього виду є волохатою, а коробочка злегка опушена [2].

У *Veronica orchidea* спостерігається залозисте опушення у верхній частині стебла, а листки є майже голими, блискучими зверху. Коробочка цього виду має випнуте залозисто-мохнате опушення. Натомість, *Veronica anagallis-aquatica* зазвичай є голою рослиною, іноді зі слабким залозистим опушенням у верхній частині.

Для *Veronica austriaca* вказано розсіяне опушення всієї рослини, а для *Veronica jasquinii* – також розсіяне опушення, з концентрацією волосків переважно на жилках та краях листків. Цікавою особливістю *Veronica longifolia* є її здатність бути як голою, так і короткоопушеною, з волохатою трубочкою віночка та опушеними чашолисточками.

Таблиця 3.7. Порівняльна характеристика видів роду *Veronica* (Вероніка)

Вид	Опушення рослини	Опушення листків	Опушення віночка	Опушення чашечки	Опушення коробочки
<i>Veronica steppaceae</i>	Густа опушена довгими простими незалозистими волосками у верхній частині, майже гола знизу; іноді сіруватоопушена	Шорсткі, сірувато- або зеленуватоопушені	Волохатий у зіві	З довгими розчепіrenими волосками	Гола або опушена
<i>Veronica spicata</i>	Опушена короткими розчепіrenими волосками, іноді із залозистими на приквітках, квітконосах і чашечці; іноді гола знизу	Не вказано, ймовірно подібне до опушення рослини	Трубочка волохата всередині	Залозисто-волохата	Злегка опушена простими і залозистими волосками

<i>Veronica orchidea</i>	Залозисто-опушена у верхній частині, м'яко опушена, майже гола знизу	Майже голі, блискучі зверху, голі знизу	Не вказано	Не вказано	Випнута, залозисто-мохната
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	Гола, іноді злегка залозисто-опушена зверху	Голі	Не вказано	Залозисто-опушена (осі суцвіття, квітконіжки, приквітки)	Гола або залозиста
<i>Veronica austriaca</i>	Розсіяно опушена	Не вказано	Не вказано	Не вказано	Короткоопушена або гола
<i>Veronica jacquini</i>	Розсіяно опушена	Опушення переважно на жилках та по краю листка, іноді при основі	Голий, іноді опушений по краю частинок	Не вказано	Не вказано
<i>Veronica longifolia</i>	Гола або короткоопушена; рідко опушена короткими або довгими прямими волосками у верхній частині, переважно гола знизу	Голі зверху, опушені знизу	Трубочка волохата всередині	Опушена	Гола або з рідкими волосками
<i>Veronica chamaedrys</i>	Стебло з двома супротивними рядами м'яких волосків на всьому протязі	Майже голі зверху, густо жорстковолосисті знизу; трихоми при основі лише по краю, зверху по всій поверхні	Не вказано	Не вказано	Злегка опушена

Особливо вирізняється *Veronica chamaedrys*, стебло якої несе два супротивні ряди м'яких волосків, що є унікальною ознакою. Листки цього виду зверху майже голі, а знизу густо вкриті жорсткими волосками.

Таким чином, рід *Veronica* демонструє широкий спектр типів та розподілу трихомів, включаючи прості, залозисті, кучеряві (непрямо згадані через опис опушення), що відрізняються за густиною, довжиною та локалізацією на різних органах рослини, що є важливим для систематики та ідентифікації видів цього роду.

3.4. Обґрунтування доцільність використання трихомів, як додаткового інструменту в практиці судово-біологічних експертиз

Аналіз наукової літератури виявив, що морфологічні, анатомічні та хімічні характеристики трихомів можуть бути цінним джерелом інформації для ідентифікації рослинних матеріалів, встановлення їхнього походження та реконструкції обставин, пов'язаних із кримінальними подіями. Трихоми відрізняються великою різноманітністю за типом, формою, розмірами, клітинною будовою, розташуванням та щільністю. Ці характеристики часто є видоспецифічними і можуть бути використані для ідентифікації рослинних фрагментів, навіть якщо вони невеликі або пошкоджені. Ідентифікація рослинних матеріалів, знайдених на місці злочину, на тілі чи одязі жертви, на знаряддях злочину або транспортних засобах, може надати важливі докази для встановлення зв'язку між злочинцем, жертвою та місцем злочину. Аналіз трихомів може допомогти визначити походження рослинних матеріалів, реконструювати послідовність подій та підтвердити або спростувати показання свідків.

Важливою перевагою трихомів є їхня відносна стійкість до розкладання. Вони мають міцну структуру і можуть зберігати свої діагностичні ознаки протягом тривалого часу, навіть після того, як інші рослинні тканини розклалися. Це робить їх цінним об'єктом для аналізу у випадках, коли рослинні матеріали були піддані впливу несприятливих умов або коли минув значний час після події. Окремі види трихомів мають специфічні застосування. Наприклад, цистолітичні волоски, характерні для видів роду *Cannabis*, є надійним маркером для ідентифікації марихуани. Деякі види рослин мають унікальні типи трихомів, поширені лише в певних регіонах, що може допомогти визначити географічне походження рослинних матеріалів. Для точної та надійної ідентифікації рослин за трихомами необхідно враховувати комплекс морфологічних, анатомічних та хімічних характеристик, а також контекст, в якому були знайдені рослинні матеріали.

Проведений огляд літератури демонструє значний інтерес науковців до вивчення трихомів та їхнього потенціалу в різних галузях, включаючи судову ботаніку. Аналіз морфологічних особливостей трихомів, їхньої будови, хімічного складу та розподілу на поверхні рослин надає цінну інформацію для ідентифікації рослинних об'єктів. Однак, незважаючи на наявні дослідження, питання застосування трихомів у судово-біологічній експертизі потребує подальшого вивчення та розробки практичних методик. Існує потреба у дослідженнях, які б систематизували характеристики трихомів різних видів рослин саме з точки зору їхньої придатності для криміналістичних цілей, розробляли відповідні

методики та створювали бази даних морфологічних ознак трихомів для видів, що найчастіше трапляються у кримінальних провадженнях. Таким чином, можна констатувати, що використання трихомів у судово-біологічній експертизі є перспективним напрямком, який має підґрунтя в існуючих дослідженнях з ідентифікації рослин.

Отримані під час дослідження матеріали не лише мають наукове значення, а й є корисними у практичному судово-експертному аналізі. У випадку виявлення фрагментів рослин із залишками трихомів, експерт має змогу звірити отримані мікрофотографії з еталонною базою та зробити обґрунтований висновок щодо видової або родової належності зразка. Якщо кожне зображення ще буде мати свою прив'язку до діагностичних параметрів трихомів, описаних у таблиці, це дозволить швидко зіставити візуальний та аналітичний матеріал, тобто створити основу для побудови майбутніх детермінуючих алгоритмів або ключів для ідентифікації.

Для подальших досліджень та практичного застосування рекомендується:

1. Розширювати бази даних, що містять детальні описи та зображення трихомів різних видів рослин, для полегшення та прискорення процесу ідентифікації у судово-біологічних експертизах.
2. Розробляти та впроваджувати стандартизовані методики збору, підготовки, аналізу та документування зразків, що містять трихоми, для забезпечення відтворюваності, надійності та об'єктивності результатів експертних досліджень.
3. Проводити подальші дослідження для вивчення мінливості характеристик трихомів під впливом різних факторів, дослідження таксономічної значущості різних типів трихомів, розробки методів кількісного аналізу трихомів та дослідження можливостей їх використання для визначення часу перебування рослинних матеріалів на місці злочину.

ВИСНОВКИ

1. В процесі роботи було проаналізовано 32 інформаційні джерела щодо морфології та класифікації трихомів рослин, а також застосування останніх у судово-біологічній експертизі.
2. Проведено уніфікацію термінології, зокрема виділено 13 морфологічних типів листків у залежності від особливостей їхнього опушення.
3. У межах дослідження було опрацьовано 83 гербарні зразки з Гербарію Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (CWU), виявлено 25 видів судинних рослин із різним типом трихомів, що є представниками 16 родів, з 5 родин. За результатами мікрофотозйомки трихомів створено електронний архів, що містить 125 світлин.
4. За довідниками і гербарними зразками проведено порівняльний аналіз виявлених характеристик трихомів, узагальнено діагностичні ознаки групової і видової приналежності рослин та складено 6 таблиць для ідентифікації досліджених видів судинних рослин за особливостями трихомів на їх фрагментах (стебла, листки, частини квітки).
5. Проведене дослідження підтвердило значний потенціал використання трихомів як додаткового інструменту в практиці судово-біологічних експертиз.



А. О.Ігуменшев

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Балиннян Т. Є., Хоружа Л. Ф. Судово-біологічна експертиза мікрочастинок квіток покритонасінних рослин: метод. посіб. Харків: ХНДІСЕ, 2008; 104 с.
2. Рудич Д.С. Епідермальний аналіз частинок листя в судово-біологічній експертизі: метод. посіб. для судових експертів. Київ, КНІСЕ, 1981. 180 с.
3. Bates D. M., Anderson G. Forensic Botany: Trichome Evidence. *J. Forensic Sci.* 1997, 42 (3), 1413–1417.
4. Солодовниченко Н. М., Журавльов М. С., Ковальов В. М. Лікарська рослинна сировина та фітопрепарати: посіб. з фармакогнозії з основами біохімії лікарських рослин. Харків: НФАУ, Золоті сторінки, 2001; 408 с. [Онлайн]. <https://sal0.li/BF8937a> (дата звернення: 15.05.2025).
5. Смойловська Г. П., Єренко О. К., Хортецька Т. В., Дуюн І. Ф., Мазулін О. В. Мікроскопічні дослідження лікарської рослинної сировини деревію блідо-жовтого. *Актуал. пит. фармац. мед. науки та практики* [Онлайн] 2019, 12(1(29)), 25–30. <https://lnk.ua/k94yvd1eM> (дата звернення: 15.05.2025).
6. Мигаль М. Д., Шульга І. Л. Відмінність сортів конопель за опушеністю листків цистолітовими волосками. *Вісн. Полтав. держ. аграр. акад.* [Онлайн] 2011, №2, 21–25. <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2011/02/21.pdf> (дата звернення: 15.05.2025).
7. Новіков А., Барабаш-Красни Б. Сучасна систематика рослин. Загальні питання: навчальний посібник. – Львів: Ліга-Прес, 2015. – 686 с. 43
8. Isha Vishnoi Botanical detectives: Harnessing plant evidence in criminal justice [Онлайн] 2024, URL: <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.12.2.1320> (дата звернення: 15.05.2025).
9. Glattstein B., Gorski A. Marijuana Identification: A Test for Calcium in Cystolithic Hairs. *Microsc. Today* 2001, 9 (4), 16.[Онлайн]. https://www.researchgate.net/publication/315311430_Marijuana_Identification_A_Test_for_Calcium_in_Cystolithic_Hairs (дата звернення: 15.05.2025).
10. Калашник С. О., Гайдаржи М. М. Анатомічна характеристика стебел однорічних пагонів сукулентних рослин роду *Euphorbia* L. (*Euphorbiaceae*). *Укр. бот. журн.* [Онлайн] 2013, 70(1), 45–53. <https://ukrbotj.co.ua/pdf/70/1/ukrbotj-2013-70-1-045.pdf> (дата звернення: 15.05.2025).

11. Ковальов В. М., Марчишин С. М., Хворост О. П., Ісакова Т. І. Практикум з ідентифікації лікарської рослинної сировини: навч. посіб. Тернопіль: ТДМУ, 2014; 264 с. [Онлайн]. <https://surl.li/hnbhyd> (дата звернення: 15.05.2025).
12. Лебеда А.П., Джуренко Н.І., Ісайкіна О.П. та інші. Лікарські рослини: енциклопедичний довідник. Київ: Українська енциклопедія, 1992; 544 с.
13. Державна Фармакопея України, 2-е вид., Доповнення 2. Харків: ДП «Укр. наук. фармакопей. центр якості лік. засобів», 2018; 336 с. [Онлайн]. [Componovka_farm_2_2.indd](https://www.farm.gov.ua/Componovka_farm_2_2.indd).
14. Державна Фармакопея України, 1-е вид. Харків: РІРЕГ, 2001; 556 с. [Онлайн]. <https://lnk.ua/WaVpdrPVD> (дата звернення: 15.05.2025).
15. Фармакогнозія і ресурсознавство лікарських рослин. Навчальний посібник / Грицик А.Р., Водославський В.М., Мельник М.В. Івано-Франківськ: ПП Голіней О.М., 2019. 248 с.
16. Панюта О. О., Ольхович О. П. Анатомія рослин: практикум: навч. посіб. Київ: АВЕГА, 2019; 280 с. <https://lnk.ua/8zeGnbY4r> (дата звернення: 15.05.2025).
17. Орлова Л. Д. Анатомічна і морфологічна будова рослин у рисунках: навч. посіб. Полтава: ФОП Гаража М. Ф., 2019; 90 с.
18. Жеребко О. І. Судово-біологічна експертиза: предмет, об'єкти, завдання. Криміналістика і судова експертиза [Онлайн] 2024, Вип. 69, 762–773. URL: https://digest.kndise.gov.ua/wp-content/uploads/2024/08/vypusk_69-762-773.pdf (дата звернення: 15.05.2025).
19. Зиман С. М., Мосякін С. Л., Гродзинський Д. М., Булах О. В., Дремлюга Н. Г. Ілюстрований довідник з морфології квіткових рослин: навч.-метод. посіб. 2-ге вид., випр. і допов. Київ: Фітосоціоцентр, 2012; 176 с.
20. First-nature[Онлайн] <http://first-nature.com>.
21. Pl@ntNet. Онлайн-ідентифікація рослин. [Онлайн]. URL: <https://identify.plantnet.org/> (дата звернення: 15.05.2025).
22. Котов М. І. Ранникові (Scrophulariaceae). У Флора УРСР, т. 9; Котов М. І., ред. Київ: Вид-во АН УРСР, 1960; с. 405–631.
23. Котов М. І. Родина Капустяні — Brassicaceae Juss. У Флора УРСР, т. 5; Котов М. І., ред. Київ: Вид-во АН УРСР, 1953; с. 203–429
24. User`s manual: Camera eyeiece/ KSO12300G4-Ver1.3 9 с.
25. Войтюк Ю. О., Кучерява Л. Ф., Баданіна В. А., Брайон О. В. Морфологія рослин з основами анатомії та цитоембріології; Брайон О. В., ред. Київ: Фітосоціоцентр, 1998; 216 с.

26. Зуза В. С. Гербологія. Харків: Стиль-Издат, 2022; 468 с.
27. Кутько С. П. Біологічні особливості шавлії лікарської (*Salvia officinalis* L.) у Передгірному Криму. Автореф. дис. ... канд. біол. наук. Ялта, 2006; 21 с.
28. Мірзоева Т. В. Аналіз сучасного стану виробництва лікарських рослин в Україні. Приазов. екон. вісн. [Онлайн] 2018, Вип. 6(11), 62–67. http://rev.kpu.zp.ua/journals/2018/6_11_uk/14.pdf (дата звернення: 15.05.2025).
29. Хаблак С. Чи таке шкідливе ГМО для вирощування і використання в Україні. SuperAgronom.com [Онлайн]. <https://lnk.ua/EYNg06Y4Z> (дата звернення: 15.05.2025).
30. Чорна Г. А. Ботаніка: практикум із систематики вищих спорових і насінних рослин; 3-є вид. допов. Умань: ПП Жовтий О. О., 2014; 104 с. URL: <https://lnk.ua/k94yvz1eM> (дата звернення: 15.05.2025).
31. Фрусевич Є. Який вигляд має канабіс під мікроскопом — щось кольорове і схоже на гриби. Новини LIVE [Онлайн]. <https://lnk.ua/3R4anvdeJ> (дата звернення: 15.05.2025).
32. Судово-експертна діяльність: збереження наукового та кадрового потенціалу в умовах воєнного стану: IV Всеукраїнський форум судових експертів (м. Львів, 7 червня 2024 р.). Одеса: Видавництво «Юридика», 2024; 428 с. Режим доступу: <http://ndekc.lviv.ua/pdf/law.pdf> (дата звернення: 15.05.2025).
33. Global Biodiversity Information Facility [Онлайн] <https://www.gbif.org/uk/> (дата звернення: 15.05.2025)