Науковий вісник Ужгородського університету
Серія Біологія, випуск 60 (2026): 235–241
© Феденко В., 2026
DOI https://doi.org/10.32782/1998-6475.2026.60.16

СВІТЛОПОГЛИНАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ КВІТОК ЯК ФУНКЦІОНАЛЬНА ОЗНАКА ІНВАЗІЙНОСТІ *CAPSELLA BURSA-PASTORIS* (L.) MEDIK.

Володимир ФЕДЕНКО

Серед функціональних ознак, які обумовлюють інтенсивне поширення інвазійних рослин, відзначають значну насіннєву продуктивність. Така властивість чужорідних видів забезпечує проростання насіння упродовж тривалого періоду. Для репродуктивної ефективності важливою є фаза цвітіння. Успішність цієї стадії на ранніх етапах розвитку обумовлено толерантністю рослин до екстремальних чинників середовища. Пристосування до несприятливих умов відбувається за участю спеціалізованих метаболітів, які локалізовані у поверхневих рослинних тканинах. Така особливість локалізації цих сполук обумовлює світлопоглинальні властивості рослин. Вперше із використанням спектральних характеристик встановлено світлопоглинальну здатність квіток грициків звичайних Capsella bursa-pastoris (L.) Medik. як одного із найпоширеніших інвазійних видів. Характерною особливістю відбивальних характеристик квіток є підвищення інтенсивності максимуму УФ-поглинальних флавоноїдів порівняно із каротиноїдами та хлорофілами. Колориметричний стимул квіток визначено за допомогою колориметричних вимірів. Ідентифікація флавоноїдів проведена шляхом сорбційної взаємодії рослинного екстракту та оксиду алюмінію із встановленням відбивальних і колориметричних характеристик іммобілізованого препарату. Підвищене накопичення УФ-поглинальних флавоноїдів у квітках збільшує фотопротекторну здатність, що слід розглядати як підсилення адаптивної спроможності репродуктивних органів інвазійного виду. Отримані результати мають перспективу застосування для діагностики інвазійних рослин на стадії цвітіння. Інший напрям можливого використання методичних підходів – подальша розробка неруйнівних інструментальних способів ідентифікації офіцинальної лікарської сировини грициків звичайних.
***Ключові слова**: грицики звичайні, флавоноїди, фотопротекція, відбивальні та колориметричні параметри, хелатувальна здатність.*

Науково-дослідний інститут біології, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Науки, 72, Дніпро, 49045, Україна; e-mail: opticlab.fedenko@gmail.com
Феденко В.: https://orcid.org/0000-0002-4696-6981

Light absorption capacity of flowers as a functional trait of invasiveness of Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.
Fedenko V.
Among the functional features that determine the intensive spread of invasive plants, significant seed productivity is noted. This property of alien species ensures seed germination over a long period. The flowering phase is important for reproductive efficiency. The success of this stage in the early stages of development is due to the tolerance of plants to extreme environmental factors. Adaptation to adverse conditions occurs with the participation of specialized metabolites that are localized in surface plant tissues. This peculiarity of the localization of these compounds determines the light-absorbing properties of plants. For the first time, the light absorption capacity of flowers of common bursa-pastoris Capsella bursa-pastoris (L.) Medik., one of the most common invasive species, has been established using spectral characteristics. A characteristic feature of the reflective characteristics of flowers is the increase in the intensity of the maximum of UV-absorbing flavonoids compared to carotenoids and chlorophylls. The colorimetric stimulus of flowers was determined using colorimetric measurements. Identification of flavonoids was carried out by sorption interaction of plant extract and aluminum oxide with the establishment of reflectance and colorimetric characteristics of the immobilized preparation. Increased accumulation of UV-absorbing flavonoids in flowers increases photoprotective ability, which should be considered as an enhancement of the adaptive capacity of the reproductive organs of the invasive species. The results obtained have the potential to be used for the diagnosis of invasive plants at the flowering stage. Another direction of possible use of methodological approaches is the further development of non-destructive instrumental methods for identifying the official medicinal raw materials of shepherd's purse.
***Key words:** shepherd's purse, flavonoids, photoprotection, reflectance and colorimetric parameters, chelating ability.*

Research Institute of Biology, Oles Honchar Dnipro National University,
Nauky Ave., 72, Dnipro, 49045, Ukraine; e-mail: opticlab.fedenko@gmail.com
Fedenko V.: https://orcid.org/0000-0002-4696-6981

Вступ

Серед інвазійних рослин привертають увагу грициків звичайні *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. як один із найпоширеніших видів у різних регіонах світу (Defelice 2001; Ahmed et al. 2021). В Україні грициків звичайні як високоактивний інвазійний вид відзначають у всіх ботаніко-географічних регіонах (Protopopova, Shevera 2019). Цей вид також домінує у піонерній та рудеральній рослинності в країні (Dubyna et al. 2022). Окрім загрози для біорізноманіття, шкодочинність цього однорічного озимого бур'яну також проявляється у сприянні розмноженню комах, грибкових, вірусних та бактеріальних шкідників, які можуть пошкодити сільськогосподарські культури (Ahmed et al. 2021).

Серед функціональних ознак, які обумовлюють інтенсивне поширення інвазійних рослин, відзначають значну насіннєву продуктивність, що забезпечує проростання насіння упродовж тривалого періоду (Gioria et al. 2023). Слід зазначити, що одна рослина *C. bursa-pastoris* може продукувати до 40 000 насінин, які зберігають у ґрунті здатність до проростання принаймні 35 років (Defelice 2001). Для репродуктивної ефективності важливою є фаза цвітіння. *C. bursa-pastoris* має дрібні, білі квітки із чотирма пелюстками, які зібрані у верхівкову китицю (Ahmed et al. 2021). Як правило, рослина цвіте у квітні — липні. Однак, термін цвітіння *C. bursa-pastoris* може бути дуже мінливим залежно від тривалості дня та зимової температури (Huang et al. 2012). Існують екотипи з різним терміном цвітіння залежно від екологічних умов регіонів (Ahmed et al. 2021). Короткий час цвітіння у поєднанні з більшим розподілом ресурсів на розмноження обумовлюють високу насіннєву продуктивність (Ahmed et al. 2021). Такий швидкий репродуктивний цикл дозволяє *C. bursa-pastoris*, які проростають ранньою весною, продукувати до трьох поколінь рослин лише за один рік (Hintz et al. 2006). Самозапилення переважає для квіток цього виду, також можлива участь комах-запилювачів (Hintz et al. 2006). Літнє цвітіння цього інвазійного виду становить потенційну загрозу для аборигенної флори та стабільності мережі запилення (Moskalyk et al. 2025).

Цвітіння на ранніх етапах вегетації обумовлено толерантністю рослин до екстремальних чинників середовища. Для *C. bursa-pastoris* характерна стійкість до холодового стресу (Wani et al. 2018). За відношенням до світла грициків звичайні відносять до геліофітів, які пристосовані до повного сонячного освітлення (Ahmed et al. 2021). У таких умовах однією із життєвих стратегій рослин є фотозахист від ушкодливої дії УФ випромінювання на важливі біологічні структури (Bartelheimer, Poschlod 2016). Ефект УФ-фільтра створюють спеціалізовані метаболіти (наприклад, флавоноїди), які локалізовані у поверхневих рослинних тканинах (Ferreyra et al. 2021). Окрім того, світлопоглинальні властивості флавоноїдів забезпечують атрактивну функцію для підвищення ефективності взаємодії із запилювачами (Narbona et al. 2025). Всупереч того факту, що *C. bursa-pastoris* розглядають як модельну систему для вивчення еволюції розвитку квітки (Hintz et al. 2006), світлопоглинальні властивості як ключовий фактор взаємодії рослинних тканин із сонячним випромінюванням дотепер не досліджені. Для підтвердження фотопротекторної ролі флавоноїдів під час цвітіння, доцільно використовувати твердофазну спектрофотометрію, досліджуючи залежність інтенсивності світлового потоку від довжини хвилі випромінювання, що відбивається від поверхневих тканин квіток (Fedenko 2024).

Інші властивості фенольних сполук обумовлюють різні напрями використання ресурсного потенціалу грициків звичайних. Так, антиоксидантна та хелатувальна здатність цих вторинних метаболітів (Metal toxicity … 2020) обумовлюють можливість застосування цього виду для фіторемедіації територій, забруднених сполуками металів (Liu et al. 2015), а також для отримання Ag–вмісних наночастинок для біомедичного застосування (Salayová et al. 2021). Однак, хелатувальні властивості флавоноїдів грициків звичайних не з’ясовані. Траву *C. bursa-pastoris* використовують як офіцинальну лікарську рослинну сировину (Bursae pastoris herba), яку збирають під час цвітіння і на початок плодоношення (Kuznietsova et al. 2016). Комплекс флавоноїдів та інших біологічно активних сполук препаратів трави грициків звичайних обумовлює антиоксидантну, гемостатичну, антимікробну, антидіабетичну, антиканцерогенну та антифунгіцидну дію, стимулює перистальтику кішкивника, підвищує тонус міометрія (Kuznietsova et al. 2016; Łukaszyk et al. 2024). *C. bursa-pastoris* — медоносна та олійна рослина, а також може використовуватися як функціональний харчовий продукт та при виробництві косметичних засобів (Łukaszyk et al. 2024). Для обґрунтування біологічної активності екстрактів проведено визначення вмісту фенольних сполук і флавоноїдів у надземній частині рослин (Kuznietsova et al. 2016; Onea et al. 2025) У квітках серед флавоноїдів ідентифіковано рутин і гіперозид (Onea et al. 2025). З огляду пер-

спективності інструментальних методів для удосконалення тотожності лікарської рослинної сировини, представляло інтерес з'ясувати доцільність застосування твердофазної спектрофотометрії для ідентифікації трави грициків звичайних.

Мета роботи – встановити спектральні параметри квіток грициків звичайних для підтвердження фотозахисного ефекту флавоноїдів та ідентифікації сировини.

Матеріал та методики

Об'єкт дослідження – грицики звичайні *C. bursa-pastoris.* Оскільки грицики належать до групи геліофітів, відбір квіток на стадії цвітіння здійснювали у травні 2025 р. на луці біля р. Мокра Сура (Новоолександрівка, Дніпровський район, Дніпропетровська область).

Процедуру екстракції квіток ізопропіловим спиртом та сорбційну взаємодію екстракту з Al_2O_3 проводили за рекомендаціями роботи (Fedenko 2022). Процес сорбції контролювали, вимірюючи інтенсивність максимуму поглинання екстракту при 350 нм до і після обробки оксидом алюмінію на спектрофотометрі DU–7HS. Значення довжини хвилі для спектрофотометричного контролю відповідало літературним даним щодо положення максимумів поглинання глікозидів кверцетину, ідентифікованих у квітках *C. bursa-pastoris* (Onea et al. 2025). Для обчислення ступеня вилучення флавоноїдів з екстракту (X, %) використовували рівняння (1):

$$X = (A_0 - A_1)\cdot 100/A_0 \quad (1),$$

де A_0 – оптична густина вихідного екстракту;
A_1 – оптична густина екстракту після обробки Al_2O_3.

Для підготовки зразків квіток та іммобілізованого препарату (адсорбату) для вимірювання відбивальних і колориметричних параметрів використовували стандартний тримач твердих зразків за умови повного покриття поверхні (діаметр 2 см).

Спектри відбиття отримували в діапазоні 350–800 нм на спектрофотометрі Specord M40 (Німеччина), додатково обладнаному приставкою з фотометричною кулею і касетою «Data Handling I» для математичної обробки результатів вимірювання зі згладжуванням спектральних кривих та виключенням випадкових шумових піків (Fedenko 2022). Корекцію 100%-ої лінії проводили за стандартом MgO, оптичної нульової точки – за стандартом чорного порожнистого тіла. Інтенсивність спектрів наводили в одиницях абсорбції. Для колориметричних вимірювань використовували спектрофотометр Specord M 40 з іншою касетою для математичної обробки «Color Measurement». Координати кольору (*X, Y, Z*) та координати кольоровості (*x, y*) визначали в системі CIE *XYZ*. Домінувальну довжину хвилі λ_d та умовну чистоту кольорового тону P_e встановлювали графічним способом за координатами зразків у кольоровому просторі (Fedenko, 2022). У колориметричній системі CIE *L*a*b** визначали інтегральний коефіцієнт яскравості *L** та колориметричні коефіцієнти *a** (співвідношення зеленого та червоного складників кольору) і *b** (співвідношення синього та жовтого складників кольору).

При проведенні досліджень вибірка складала 10 – 15 рослин, а в кожному варіанті досліду було не менше 3-х повторень. Значущість відмінностей оцінювали за t-критерієм Ст'юдента при $p \leq 0,05$, використовуючи пакет статистичного аналізу Statistica, версія 10.0.

Результати та обговорення

У спектрах відбиття квіток спостерігались декілька максимумів сполук різної природи (Рис. 1). Інтенсивні максимуми за 360 ($\lambda_{1к}$) і 380 ($\lambda_{2к}$) нм віднесено до флавоноїдів, серед яких за даними (Onea et al. 2025) у квітках *C. bursa-pastoris* встановлено глікозиди кверцетину. Інші максимуми обумовлено такими пігментами: каротиноїди та смуга Соре хлорофілів – 485 нм ($\lambda_{3к}$), продукти катаболізму хлорофілів – 580 ($\lambda_{4к}$) і 620 нм ($\lambda_{5к}$), Q-смуга хлорофілів – 677 нм ($\lambda_{6к}$) (Karg et al. 2023).

Для порівняльної характеристики смуг розраховували співвідношення оптичної густини максимуму $A_{1к}$ (1,08) та оптичної густини інших максимумів $A_{2к}$ (1,05), $A_{3к}$ (0,55), $A_{4к}$ (0,41), $A_{5к}$ 0,42), $A_{6к}$ (0,53). Згідно із результатами розрахунку тільки максимум $\lambda_{2к}$ мав порівняну інтенсивність відносно максимуму $\lambda_{1к}$, тоді як для інших максимумів цей показник був нижчим на 49 – 62 % ($A_{2к}/A_{1к}$ – 0,97; $A_{3к}/A_{1к}$ – 0,51; $A_{4к}/A_{1к}$ – 0,38; $A_{5к}/A_{1к}$ – 0,39; $A_{6к}/A_{1к}$ – 0,49). Наявність у спектрах максимумів $\lambda_{1к}$ і $\lambda_{2к}$ із підвищеною інтенсивністю підтвердила фотозахисний ефект флавоноїдів, які ідентифіковані у квітках *C. bursa-pastoris* (Onea et al. 2025). Функціонування цих спеціалізованих метаболітів як фільтрів для поглинання фотонів УФ-радіації (Ferreyra et al. 2021) пов'язано з основним фактором ступеня фотопротекції – наявністю у спектрах цих сполук двох смуг із високою поглинальною здатністю в УФ-А (315–400 нм) та УФ-В (280–315 нм) діапазонах (Taniguchi et al. 2023). Раніше подібна особливість відбивальних характеристик із найінтенсивнішими максимумами УФ-поглинальних флавоноїдів встановлена

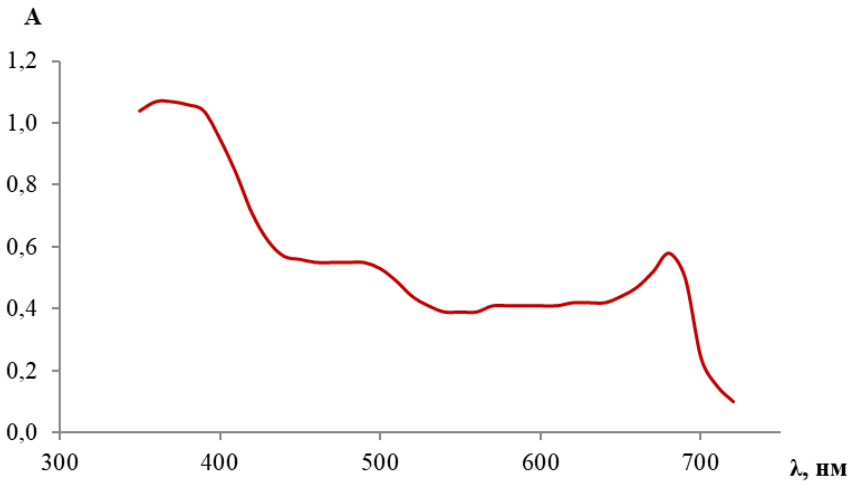

Рис. 1. Спектр відбиття квіток *C. bursa-pastoris*

Fig. 1. Reflectance spectrum of *C. bursa-pastoris* flowers

для квіток інших інвазійних рослин (*Solidago canadensis* L. – 362 і 395 нм; *Erigeron annuus* (L.) Pers. – 359 нм) (Fedenko 2022; 2024).

Для характеристики забарвлених тканин квіток розраховані колориметричні параметри у системах CIE *XYZ* та CIE *L*a*b** (Табл. 1).

Таблиця 1. Колориметричні характеристики квіток *C. bursa-pastoris* і адсорбату з екстракту квіток на оксиді алюмінію

Table 1. Colorimetric characteristics of *C. bursa-pastoris* flowers and flower extract adsorbate on aluminum oxide

Колориметричний параметр	Квітки	Адсорбат із екстракту квіток на Al_2O_3
λ_d, нм	575,9	577,7
P_e, %	21,70	33,65
L*	70,01	100,95
a*	-13,46	-16,34
b*	-39,24	-35,73

Наявність у спектрі відбиття квіток максимумів за 380 і 485 нм обумовила стимул із домінувальною довжиною хвилі у діапазоні жовтого кольору (Табл. 1). У результаті суперпозиції декількох стимулів різних біохромів (флавоноїди, каротиноїди, хлорофіли) згідно з фізичною закономірністю складання кольорів визначено значення умовної чистоти кольорового тону (Ohta, Robertson 2006). Координати квіток у кольоровому просторі рівноконтрастної колориметричної системи визначаються значеннями коефіцієнтів *a** і *b** (Ohta, Robertson 2006).

Ідентифікація флавоноїдів проведена згідно із запропонованим нами методичним підходом, який включає сорбційну взаємодію рослинного екстракту та оксиду алюмінію із встановленням відбивальних і колориметричних характеристик іммобілізованого препарату (адсорбату) (Fedenko 2022). Для флавоноїдів, які ідентифіковані у квітках *C. bursa-pastoris* (Onea et al. 2025), хелатувальна властивість обумовлена структурними фрагментами, здатними утворювати металокомплекси. При додаванні оксиду алюмінію до екстракту виділено препарат жовтого кольору. При цьому інтенсивність максимуму поглинання флавоноїдів в екстракті зменшилась у 15,5 раза (A_0 – 1,24, A_1 – 0,08; кювета – 0,2 см; розведення – 1 : 7). Ступінь вилучення флавоноїдів за даними спектрофотометричного контролю склала 93,3 %. Присутність у спектрі відбиття адсорбату максимумів за 370 (λ_{1a}) і 400 (λ_{2a}) нм (рис. 2) підтвердило наявність адсорбованих флавоноїдів. При цьому адсорбція каротиноїдів і хлорофілів з екстракту не відбувалась. Цей факт підтверджено відсутністю на спектральній кривій адсорбату (рис. 2) відповідних максимумів ($\lambda_{3к}$, $\lambda_{4к}$, $\lambda_{5к}$, $\lambda_{6к}$), які спостерігались для квіток (рис. 1). У спектрі адсорбату (Рис. 2) зафіксовано батохромне зміщення максимумів λ_{1a} (5 нм) і λ_{2a} (15 нм) порівняно із відповідними максимумами $\lambda_{1к}$ і $\lambda_{2к}$ для квіток (Рис. 1). Цей факт підтвердив хемосорбцію флавоноїдів на поверхні сорбенту із утворенням металокомплексів (Fedenko 2022). Адсорбовані флавоноїди також відрізнялись підвищеним значенням співвідношення інтенсивності максимумів (A_{2a}/A_{1a} – 1,2) порівняно із аналогічним показником для квіток.

Для ідентифікації препарату адсорбованих флавоноїдів також розраховані колориметричні характеристики (Табл. 1). Підвищення λ_d адсорбату на 1,8 нм та P_e – на 11,95 % у діапазоні жов-

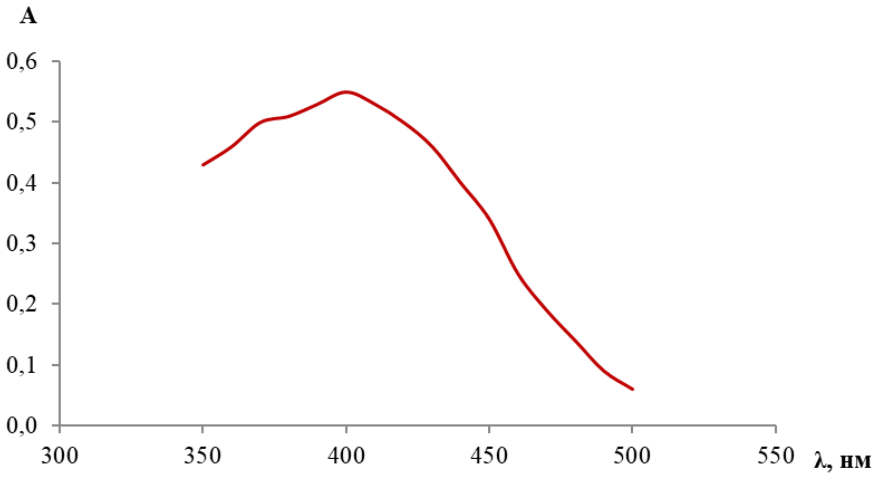

Рис. 2. Спектр відбиття адсорбату з екстракту квіток *C. bursa-pastoris* на оксиді алюмінію
Fig. 2. Reflectance spectrum of adsorbate from *C. bursa-pastoris* flower extract on aluminum oxide

того кольору слід пояснити відсутністю каротиноїдів і хлорофілів у складі адсорбованих пігментів. У рівноконтрастній системі для іммобілізованого препарату встановлено від'ємні значення колориметричних коефіцієнтів *a** і *b** (Табл. 1).

Отже, підвищена світлопоглинальна здатність квіток *C. bursa-pastoris* в УФ-А діапазоні обумовлена локалізацією флавоноїдів у поверхневих тканинах. Ґрунтуючись на цифровій базі даних спектрів поглинання флавоноїдів (Taniguchi et al. 2023), слід зазначити, що спектральні характеристики глікозидів кверцетину, які ідентифіковані у квітках грициків звичайних (Onea et al. 2025), підтвердили їхній значний протекторний ефект відносно УФ-А радіації. Завдяки фотозахисту генеративних органів на стадії цвітіння забезпечується висока насіннєва продуктивність як одна з інвазійних стратегій *C. bursa-pastoris.* Така особливість раніше нами також встановлена для квіток інвазійних видів *S. canadensis, E. annuus* (Fedenko 2022; 2024). Окрім того, така тенденція відповідає реалізації атрактивної функції, враховуючи більш ефективне сприйняття випромінювання максимально чутливим УФ-рецептором запилювачів (Narbona et al. 2025). Таку особливість інвазійних видів слід розглядати у контексті адаптивного підсилення репродуктивної системи (Barrett et al. 2008).

Окрім фотопротекторного ефекту, фенольні сполуки як антиоксиданти та ендогенні хелатори беруть участь у формуванні толерантності рослин до стрес-факторів (Metal toxicity … 2020). Підвищену толерантність грициків звичайних до високого рівня металів слід розглядати у контексті використання інвазійних видів у технологіях фіторемедіації (Fedenko 2023).

Інший аспект результатів відповідає сучасному тренду використання сировини інвазійних рослин для одержання біоактивних речовин. Проведені дослідження підтвердили можливість використання твердофазної спектрофотометрії для ідентифікації трави грициків звичайних як лікарської сировини. Хелатувальна здатність флавоноїдів квіток *C. bursa-pastoris* може бути використана для виділення цих біологічно активних сполук і створення нових біогібридних матеріалів.

Висновки

З використанням твердофазної спектрофотометрії вперше встановлено світлопоглинальну здатність квіток грициків звичайних *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. як одного із найпоширеніших інвазійних видів.

Відбивальні та колориметричні параметри підтвердили характерну особливість – підвищену локалізацію УФ-поглинальних флавоноїдів у поверхневих тканинах квіток. Така особливість може збільшити фотопротекторну здатність для підсилення адаптивної спроможності репродуктивних органів інвазійного виду.

Результати мають перспективу застосування для діагностики інвазійних рослин на стадії цвітіння та для подальшої розробки неруйнівної інструментальної ідентифікації офіцинальної лікарської сировини грициків звичайних.

AHMED, H. T., FRANSIS, A., CLEMENTS, D. R., DYCK, E., ROSS, N., UPADHYAYA, M. K., HALL L. M., MARTIN, S. L. (2021) The biology of canadian weeds. 159. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. *Canadian Journal of Plant Science*, 102(3), 529-552. https://doi.org/10.1139/cjps-2021-0059

BARRETT, S. C., COLAUTTI, R. I., ECKERT, C. G. (2008) Plant reproductive systems and evolution during biological invasion. *Molecular Ecology*, 17(1), 373-383. https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03503.x

BARTELHEIMER, M., POSCHLOD, P. (2016) Functional characterizations of Ellenberg indicator values–a review on ecophysiological determinants. *Functional Ecology*, 30(4), 506-516. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12531

DEFELICE, M. S. (2001) Shepherd's-purse, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. *Weed technology*, 15(4), 892-895. https://doi.org/10.1614/0890037X(2001)015[0892:SSPCBP]2.0.CO;2

DUBYNA, D. V., DZIUBA, T. P., IEMELIANOVA, S. M., PROTOPOPOVA, V. V. SHEVERA, M. V. (2022) Alien species in the pioneer and ruderal vegetation of Ukraine. *Diversity*, 14(12), 1085. https://doi.org/10.3390/d14121085

FEDENKO, V. S. (2022) Khemosorbtsiia flavonoidiv zolotushnyka kanadskoho na oksydi aliuminiiu [Chemisorption of flavonoids from canadian goldenrod on aluminum oxide]. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30(3), 340–348. (in Ukrainian) https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i3.262972

FEDENKO, V. S. (2023) Transformatsiia roslynnosti za umov vplyvu voiennykh dii na pryrodne seredovyshche v Ukraini (ohliad literatury) [Transformation of vegetation under the conditions of the impact of military actions on the natural environment in Ukraine: A review]. *Ecology and noospherology*, 34(2), 101-107. (in Ukrainian) https://doi.org/10.15421/032315

FEDENKO, V. S. (2024) Vidbyvalni kharakterystyky kvitok yak kryterii invazyvnosti *Erigeron annuus* (L.) Pers. [Reflectance characteristics of flowers as a criterion for invasiveness of *Erigeron annuus* (L.) Pers.]. *Ecology and Noospherology*, 35(1), 52-57. (in Ukrainian) https://doi.org/10.15421/032409

FERREYRA, M. L. F., SERRA, P., CASATI, P. (2021) Recent advances on the roles of flavonoids as plant protective molecules after UV and high light exposure. *Physiologia Plantarum*, 173(3), 736-749. https://doi.org/10.1111/ppl.13543

GIORIA, M., HULME, P. E., RICHARDSON, D. M., PYŠEK, P. (2023) Why are invasive plants successful? *Annual Review of Plant Biology*, 74, 635-670. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-070522-071021

HINTZ, M., BARTHOLMES, C., NUTT, P., ZIERMANN, J., HAMEISTER, S., NEUFFER, B., THEISSEN, G. (2006) Catching a 'hopeful monster': shepherd's purse (*Capsella bursa-pastoris*) as a model system to study the evolution of flower development. *Journal of Experimental Botany*, 57(13), 3531-3542. https://doi.org/10.1093/jxb/erl158

HUANG, H. R., YAN, P. C., LASCOUX, M., GE, X. J. (2012). Flowering time and transcriptome variation in *Capsella bursa-pastoris* (Brassicaceae). *New Phytologist*, 194(3), 676-689. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04101.x

KARG, C. A., TANIGUCHI, M., LINDSEY, J. S., MOSER, S. (2023) Phyllobilins – Bioactive natural products derived from chlorophyll–Plant origins, structures, absorption spectra, and biomedical properties. *Planta Medica*, 89(06), 637-662. https://doi.org/10.1055/a-1955-4624

KUZNIETSOVA, V. Yu., KYSLYCHENKO, V. S., KOTOVA, E. E., KOTOV, A. G., SUSHCHUK, N. A. (2016) Rozrobka metodyky yakisnoho analizu hrytsykiv zvychainykh travy dlia vkliuchennia u proekt natsionalnoi monohrafii do derzhavnoi farmakopei Ukrainy [Development of the method for qualitative analysis of shepherd's purse herb to be included into the state pharmacopoea of Ukraine draft national monograph]. *ScienceRise. Pharmaceutical Science*, (4), 24-29 (in Ukrainian). https://doi.org/10.15587/2519-4852.2016.86172

METAL TOXICITY IN HIGHER PLANTS (2020) Landi, M., Shemet, S.A., Fedenko, V.S. (Eds.). Nova Science Publishers, New York.

LIU, Y., LIN, L., JIN, Q., ZHU, X. (2015) Cadmium accumulation and tolerance in the Cd-accumulator *Capsella bursa-pastoris*. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 34(3), 663-668. https://doi.org/10.1002/ep.12037

ŁUKASZYK, A., KWIECIEŃ, I., SZOPA, A. (2024) Traditional uses, bioactive compounds, and new findings on pharmacological, nutritional, cosmetic and biotechnology utility of *Capsella bursa-pastoris*. *Nutrients*, 16(24), 4390. https://doi.org/10.3390/nu16244390

MOSKALYK, I., FYLYPCHUK, T., ZHUK, A., MOSKALYK, H., SYTNIKOVA, I., ZAROCHENTSEVA, O., FEDORIAK, M. (2025) Phytodiversity of herbaceous wild vegetation strips as a determinant of wild pollinator conservation. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 15(4), 161–170. https://doi.org/10.31407/ijees15.4

NARBONA, E., DEL VALLE, J. C., WHITTALL, J. B., LEÓN-OSPER, M., BUIDE, M. L., PULGAR, I., CAMARGO, M. G. G., MORELLATO, L. P. C., RODRIGUEZ-CASTAÑEDA, N., ROSSI, V., CONRAD, K., MENA, J. H., ORTIZ, P. L., ARISTA, M. (2025) Transcontinental patterns in floral pigment abundance among animal-pollinated species. *Scientific*

Reports, 15(1), 15927. https://doi.org/10.1038/s41598-025-94709-4

OHTA, N., ROBERTSON, A. (2006) *Colorimetry: fundamentals and applications*. John Wiley & Sons, Chichester.

ONEA, S. G., PALLAG, A., BURLOU-NAGY, C., JURCA, T., VICAȘ, L. G., ELEONORA, M., OLAH, N. K., KISS, R., PAȘCA, B. (2025) Histological research and phytochemical characterization of *Capsella bursa-pastoris* Medik. from Bihor County, Romania. *Life*, 15(1), 67. https://doi.org/10.3390/life15010067

PROTOPOPOVA, V. V., SHEVERA, M. V. (2019) Invasive species in the flora of Ukraine. I. The group of highly active species. *GEO&BIO*, 17, 116–135. https://doi.org/10.15407/gb.2019.17.116.

SALAYOVÁ, A., BEDLOVIČOVÁ, Z., DANEU, N., BALÁŽ, M., LUKÁČOVÁ BUJŇÁKOVÁ, Z., BALÁŽOVÁ, Ľ., TKÁČIKOVÁ, Ľ. (2021) Green synthesis of silver nanoparticles with antibacterial activity using various medicinal plant extracts: Morphology and antibacterial efficacy. *Nanomaterials*, 11(4), 1005. https://doi.org/10.3390/nano11041005

TANIGUCHI, M., LAROCCA, C. A., BERNAT, J. D., LINDSEY, J. S. (2023) Digital database of absorption spectra of diverse flavonoids enables structural comparisons and quantitative evaluations. *Journal of Natural Products*, 86(4), 1087-1119. https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.2c00720

WANI, M. A., JAN, N., QAZI, H. A., ANDRABI, K. I., JOHN, R. (2018) Cold stress induces biochemical changes, fatty acid profile, antioxidant system and gene expression in *Capsella bursa pastoris* L. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40(9), 167. https://doi.org/10.1007/s11738-018-2747-z

Дата першого надходження статті до видання: 18.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026