



Copyright (c) 2025 Volodymyr Fedenko

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Володимир Феденко

**СВІТЛОПОГЛИНАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ КВІТОК ІНВАЗІЙНОГО ВИДУ  
AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA L.**

Volodymyr Fedenko

**LIGHT ABSORPTION CAPACITY OF FLOWERS OF THE INVASIVE SPECIES  
AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA L.****АНОТАЦІЯ**

**Мета роботи.** Встановлення світлопоглинальної здатності квіток амброзії полинолистої.

**Методологія.** Відбір чоловічих квіток проводили на стадії цвітіння у верхній частині крони рослин, де рослини отримують максимальну кількість світла і цей процес відбувається найінтенсивніше. Спектри відбиття отримували в діапазоні 350–800 нм. Колориметричні параметри визначали в системах CIE XYZ та CIE  $L^*a^*b^*$ . Для додаткової ідентифікації флавоноїдів проводили екстракцію квіток ізопропанолом та хемосорбцію сполук із екстракту на поверхні оксиду алюмінію із наступним визначенням спектральних характеристик.

**Наукова новизна.** Вперше визначено відбивальні та колориметричні характеристики для підтвердження фотозахисного ефекту УФ-поглинальних флавоноїдів у квітках амброзії полинолистої.

**Висновки.** Визначальною особливістю спектрів відбиття квіток інвазійного виду *Ambrosia artemisiifolia* як геліофіту є підвищення інтенсивності максимуму УФ-поглинальних флавоноїдів порівняно із каротиноїдами та хлорофілами. Для збільшення ступеня розподілення виявлених максимумів проведено диференціювання спектральної кривої відбиття. Підвищена локалізація флавоноїдів у поверхневих тканинах квіток обумовлює збільшення фотопротекторної здатності як адаптивне підсилення репродуктивної системи інвазійного виду. Відбивальні характеристики квіток обумовили стимул із домінують довжиною хвилі у діапазоні жовтого кольору. Флавоноїди ідентифіковані завдяки хелатувальним властивостям шляхом хемосорбції із рослинного екстракту на оксиді алюмінію. У результаті сорбційної взаємодії отримано адсорбат жовто-зеленого кольору. Наявність флавоноїдів у адсорбаті підтверджена спектральними характеристиками. Отримані результати підтверджують роль фенольних сполук у підвищенні конкурентоспроможності інвазійних рослин згідно гіпотези зміни захисту (shifting defence hypothesis). Запропоновані методичні підходи можуть бути застосовані для ідентифікації інвазійних видів на стадії цвітіння та при використанні ресурсного потенціалу цих рослин для отримання біологічно активних речовин.

**Ключові слова:** амброзія полинолиста, УФ-поглинальні флавоноїди, фотозахисний ефект, відбивальні та колориметричні характеристики

**ABSTRACT**

**The purpose of the work.** Determining the light absorption capacity of common ragweed flowers.

**Methodology.** The selection of male flowers was carried out at the flowering stage in the upper part of the plant crown, where the plants receive the maximum amount of light and this process occurs most intensively. Reflectance spectra were obtained in the range of 350–800 nm. Colorimetric parameters were determined in the CIE XYZ and CIE  $L^*a^*b^*$  systems. For additional identification of flavonoids, flowers were extracted with isopropanol and chemisorption of compounds from the extract on the surface of aluminum oxide was performed with subsequent determination of spectral characteristics.

**Scientific novelty.** Reflectance and colorimetric characteristics determined for the first time to confirm the photoprotective effect of UV-absorbing flavonoids in common ragweed flowers.

**Conclusions.** A defining feature of the reflectance spectra of flowers of the invasive species *Ambrosia artemisiifolia* as a heliophyte is an increase in the intensity of the maximum of UV-absorbing flavonoids compared to carotenoids and chlorophylls. To increase the degree of distribution of the detected maxima, the spectral reflectance curve was

differentiated. The reflectance characteristics of the flowers resulted in a stimulus with a dominant wavelength in the yellow range. The increased localization of flavonoids in the surface tissues of flowers causes an increase in the photoprotective ability as an adaptive enhancement of the reproductive system of the invasive species. Flavonoids were identified due to their chelating properties by chemisorption from plant extract on aluminum oxide. As a result of the sorption interaction, a yellow-green adsorbate was obtained. The presence of flavonoids in the adsorbate was confirmed by spectral characteristics. The obtained results confirm the role of phenolic compounds in increasing the competitiveness of invasive plants according to the shifting defence hypothesis. The proposed methodological approaches can be applied to identify invasive species at the flowering stage and when using the resource potential of these plants to obtain biologically active substances.

**Key words:** common ragweed, UV-absorbing flavonoids, photoprotective effect, reflectance and colorimetric characteristics

### Постановка проблеми

Амброзію полинолисту *Ambrosia artemisiifolia* L. вважають одним із агресивних інвазійних видів рослин у різних регіонах світу (Montagnani et al., 2017; Neilyk & Tsytsiura, 2020). *A. artemisiifolia* віднесено до небезпечних рослин-алергенів, оскільки її пилок спричиняє масові алергічні захворювання (Knolmajer et al., 2024). Для степової зони України підтверджена тенденція до збільшення кількості амброзії у різних рослинних угрупованнях (агро-фітоценози, лісонасадження, фітоценози урбанізованих територій, луки і пасовища) (Gavrilyuk et al., 2023; Udzhmadzhuridze & Lisovets, 2024). Інвазивність чужорідних рослин визначається комплексом функціональних ознак, які обумовлюють інтенсивне поширення видів адвентивних рослин та їхню загрозу для біорізноманіття (Giorgia et al., 2023). Серед цих функціональних ознак для амброзії слід відзначити репродуктивну ефективність, що забезпечує високу насінневу продуктивність і створює у ґрунті довговічний банк насіння, здатного до проростання упродовж багатьох років (Montagnani et al., 2017; Karrer et al., 2024).

Важливою стадією формування життєздатного насіння є фаза цвітіння. Квітки амброзії згруповані в головки, що містять чоловічі або жіночі квітки, і мають видозмінене суцвіття, яке пристосовано до вітрозапилення (Neilyk & Tsytsiura, 2020). За відношенням до світла амброзію полинолисту відносять до геліофільних рослин (Montagnani et al., 2017). Згідно запропонованої фітоіндикаційної шкали за типом Елленберга для *A. artemisiifolia* встановлено високе значення показника світлового фактору 8,0 (Tichý et al., 2023). Як геліофіти, що пристосовані до існування при повному сонячному освітленні у відкритих екосистемах, рослини амброзії є піонерними серед рудеральної рослинності

у різних антропогенно порушених територіях, зокрема унаслідок воєнних дій в Україні (Dubyna et al., 2022; Zavialova et al., 2022; Randelović et al., 2024). Оскільки висока інтенсивність світла може спричинити пошкодження важливих біологічних структур від УФ випромінювання, для геліофітів із високим значенням показника світлового фактору однією із життєвих стратегій, що забезпечують толерантність, є наявність механізму фотозахисту (Bartelheimer & Poschlod, 2016). Як правило, такий механізм реалізується завдяки локалізації у поверхневих рослинних тканинах УФ-поглинальних спеціалізованих метаболітів, які виконують роль УФ-фільтра, захищаючи від шкідливого впливу випромінювання у цьому спектральному діапазоні (Humbal & Pathak, 2023).

Серед таких метаболітів відомі фенольні сполуки, світлопоглинальні властивості яких забезпечують фотопротекторну функцію у рослинах (Ferreira, et al., 2021). Раніше встановлено, що із збільшенням рівня освітлення підвищувалось накопичення поліфенольних сполук та активності антиоксидантних ферментів у листках амброзії у більшому ступеню порівняно із нативним видом (Qin et al., 2013). Підвищену ефективність антиоксидантної відповіді слід розглядати як функціональну ознаку інвазивності, яка проявляється у захисті рослин від стресу, спричиненого високим рівнем опромінення (Qin et al., 2013). Разом із тим, фотопротекторна роль фенольних сполук у квітках *A. artemisiifolia* на стадії цвітіння не досліджена. Для підтвердження такої ролі, на нашу думку, найбільш адекватним методом дослідження є спектроскопія відбиття, що дозволяє моделювати процес взаємодії сонячного випромінювання залежно від довжини хвилі зі світлопоглинальними сполуками, які локалі-

зовані у поверхневих тканинах квіток (Fedenko, 2024). Такі дослідження можуть бути актуальними у контексті розробки мультиспектральних підходів для ідентифікації інвазійних рослин на стадії цвітіння (Paz-Kagan et al., 2019).

Мета – встановлення світлопоглинальної здатності квіток амброзії полинолистої.

### Матеріали та методи досліджень

За об'єкт дослідження обрано амброзію полинолисту *A. artemisiifolia*. Оскільки амброзія належить до групи світлолюбних рослин, відбір чоловічих квіток проводили на стадії цвітіння у верхній частині крони, де рослини отримують максимальну кількість світла і цей процес відбувається найінтенсивніше (Parakhnenko et al., 2023). Відбір рослинного матеріалу здійснювали у серпні 2024 р. на відкритій території луку біля річки Мокра Сура (Новоолександрівка, Дніпровський район, Дніпропетровська область).

Екстракцію квіток ізопропанолом та хемосорбцію сполук із екстракту на поверхні оксиду алюмінію проводили за рекомендаціями роботи (Fedenko, 2022). Контроль за процесом хемосорбції здійснювали за величиною оптичної густини екстракту при 350 нм до і після обробки  $Al_2O_3$  на спектрофотометрі DU – 7 NS. Аналітична довжина хвилі обрана на підставі літературних даних щодо положення максимумів поглинання флавонів і флавонолів у цьому спектральному діапазоні (Taniguchi et al., 2023). Для обчислення ступеню хемосорбції ( $X$ , %) 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  $Al_2O_3$ .

Аналогічні умови вимірювання відбивальних і колориметричних параметрів квіток та іммобілізованого препарату (адсорбату) створювали за рахунок користування стандартним тримачем 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, що дозволило проводити згладжування спектральних кривих із виключенням випадкових шумових піків (Fedenko, 2007). Корекцію 100 %-ої лінії проводили за стандартом  $MgO$ , оптичної нульової точки – за стандартом чорного порожнистого тіла. Інтенсивність спектрів відбиття 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. Домінуючу довжину хвилі  $\lambda_d$  та умовну чистоту кольорового тону  $P_e$  встановлювали графічним способом за координатами зразків у кольоровому просторі (Fedenko, 2007). У колориметричній системі CIE  $L^*a^*b^*$  визначали інтегральний коефіцієнт яскравості  $L^*$  та колориметричні коефіцієнти  $a^*$  (співвідношення зеленої і червоної складових кольору) і  $b^*$  (співвідношення синьої та жовтої складових кольору).

Похибка вимірювань спектральних параметрів не перевищувала 5 %. Статистичну обробку експериментальних даних проводили з 5 % рівнем значущості.

### Результати та їх обговорення

У результаті дослідження спектрального розподілу світлового потоку, що відбивається від поверхневих тканин, світлопоглинальна здатність квіток охарактеризована наявністю декількох максимумів, обумовлених сполуками із різними хромоформними системами (рис. 1). Інтенсивні максимуми при 360 ( $\lambda_{1к}$ ) і 390 ( $\lambda_{2к}$ ) нм віднесено до УФ-поглинальних флавоноїдів, які ідентифіковані у суцвіттях *A. artemisiifolia* (Zeng et al., 2022). Інші максимуми у спектрі пов'язані із такими біохромами: каротиноїди і смуга Core хлорофілів – 455 ( $\lambda_{3к}$ ) і 480 нм ( $\lambda_{4к}$ ), продукти катаболізму хлорофілів – 585 ( $\lambda_{5к}$ ) і 620 нм ( $\lambda_{6к}$ ), Q-смуга хлорофілів – 677 нм ( $\lambda_{7к}$ ) (Karg et al., 2023). Для порівняльної характеристики смуг використано співвідношення оптичної густини найінтенсивнішого короткохвильового максимуму  $A_{1к}$  (1,06) та оптичної густини інших максимумів  $A_{2к}$  (1,04),  $A_{3к}$  (0,80),  $A_{4к}$  (0,77),  $A_{5к}$  (0,42),  $A_{6к}$  (0,43),  $A_{7к}$  (0,52). Аналізуючи розраховані величини співвідношень, слід

зазначити, що відносно максимуму  $\lambda_{1к}$  тільки максимум  $\lambda_{2к}$  мав порівняну інтенсивність, тоді як для інших максимумів цей показник був нижчим на 25 – 60 % ( $A_{2к}/A_{1к} - 0,98$ ;  $A_{3к}/A_{1к} - 0,75$ ;  $A_{4к}/A_{1к} - 0,73$ ;  $A_{5к}/A_{1к} - 0,40$ ;  $A_{6к}/A_{1к} - 0,41$ ;  $A_{7к}/A_{1к} - 0,49$ ). Для збільшення ступеня розподілення виявлених максимумів проведено дифе-

ренціювання спектральної кривої відбиття квіток. Перша похідна спектру представлена сімома смугами, кожна із яких складалась із відповідних максимуму і мінімуму (рис. 1). Положення цих екстремумів на спектральній кривій наведено у табл. 1.

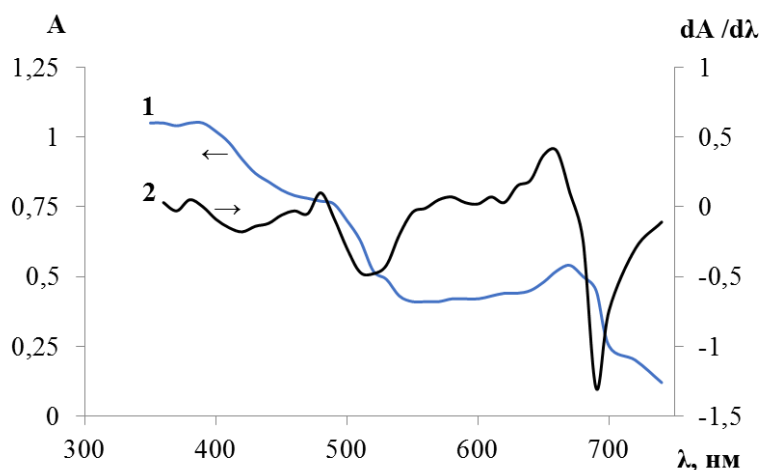


Рис. 1. Спектр відбиття (1) і перша похідна спектру (2) квіток *A. artemisiifolia*

Таблиця 1

Характеристика смуг першої похідної спектру відбиття квіток *A. artemisiifolia*

Смуга	$\lambda_{\text{макс}}$ , нм	$\lambda_{\text{мін}}$ , нм
I	359	371
II	383	419
III	460	475
IV	491	518
V	575	596
VI	614	626
VII	666	694

Підвищена інтенсивність максимумів  $\lambda_{1к}$  і  $\lambda_{2к}$  у спектрах відбиття підтвердила фотопротекторний ефект флавонолів і флавонів, ідентифікованих у суцвіттях *A. artemisiifolia* (Zeng et al., 2022). Функціонування цих сполук як світлофільтрів для поглинання фотонів УФ-радіації (Ferreira, et al., 2021) пов'язано із визначальним фактором ступеню фотозахисту, який обумовлено наявністю двох смуг із високою поглинальною здатністю в УФ-А (315–400 нм) та УФ-В (280–315 нм) діапазонах (Taniguchi et al., 2023).

У результаті перетворення спектрального розподілу інтенсивності відбиття залежно від довжини хвилі отримано від-

повідні колориметричні параметри квіток (табл. 2). Наявність у спектрі відбиття максимумів  $\lambda_{2к}$ ,  $\lambda_{3к}$ ,  $\lambda_{4к}$  із високою інтенсивністю обумовила стимул із домінуютьною довжиною хвилі квіток у діапазоні жовтого кольору (табл. 2). Значення величини умовної чистоти кольорового тону є результатом суперпозиції декількох стимулів різних біохромів згідно фізичної закономірності складання кольорів (Ohta, Robertson, 2006). Встановлені значення коефіцієнтів  $a^*$  і  $b^*$  визначили координати квіток у кольоровому просторі рівноконтрастної колориметричної системи (Cairone et al., 2020) (табл. 2).

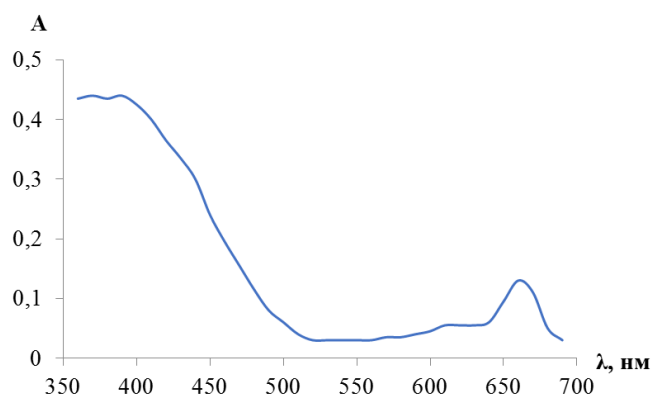


Рис. 2. Спектр відбиття адсорбату з екстракту квіток *A. artemisiifolia* на оксиді алюмінію

Таблиця 2

Колориметричні характеристики квіток *A. artemisiifolia* і адсорбату з екстракту квіток на оксиді алюмінію

Колориметричний параметр	Квітки	Адсорбат із екстракту квіток на $Al_2O_3$
$\lambda_d$ , нм	579,0	574,3
$P_e$ , %	45,34	22,67
$L^*$	67,86	97,15
$a^*$	-9,57	-19,97
$b^*$	-12,32	-50,40

Окрім визначення світлопоглинальної здатності *in vivo*, флавоноїди можуть бути ідентифіковані завдяки хелатувальним властивостям шляхом хемосорбції із рослинного екстракту на  $Al_2O_3$  та наступним визначенням спектральних характеристик продукту взаємодії (адсорбату) (Fedenko, 2022). Для флавоноїдів, ідентифікованих у суцвіттях *A. artemisiifolia* (Zeng et al., 2022), хелатувальна властивість пов'язана із наявністю сайтів зв'язування металів у структурі цих сполук. У результаті сорбційної взаємодії флавоноїдів із  $Al_2O_3$  отримано адсорбат жовто-зеленого кольору. За даними спектрофотометричного контролю ступінь хемосорбції флавоноїдів склала 88,6 %. Порівняно із квітками (рис. 1) у спектрі відбиття адсорбату зберігалась наявність максимумів 368 ( $\lambda_{1a}$ ), 392 ( $\lambda_{2a}$ ), 620 ( $\lambda_{6a}$ ) і 671 нм ( $\lambda_{7a}$ ) нм (рис. 2), що підтвердило адсорбцію флавоноїдів та хлорофілів на поверхні сорбенту.

Відсутність у спектрі адсорбату (рис. 2) максимумів, таких як  $\lambda_{3k}$  (455 нм) і  $\lambda_{4k}$  (480 нм) у спектрі відбиття квіток (рис. 1), свідчило, що адсорбція каротиноїдів не відбувалась. Батохромне зміщення

на 8 нм максимуму  $\lambda_{1a}$  у спектрі адсорбату порівняно із максимумом  $\lambda_{1k}$  у спектрі квіток підтвердило, що сорбційна взаємодія флавоноїдів з поверхнею оксиду алюмінію з екстракту квіток відбувалась шляхом хемосорбції із неасоційованими поверхневими групами  $\equiv AlOH$  сорбенту (Fedenko, 2022). Максимуми  $\lambda_{1a}$  і  $\lambda_{2a}$  у спектрі адсорбату мали порівняну інтенсивність, а співвідношення оптичної густини максимумів  $A_{6a}$  й  $A_{7a}$  відносно  $A_{1a}$  ( $A_{6a}/A_{1a} - 0,14$ ;  $A_{7a}/A_{1a} - 0,30$ ) знижувалось порівняно з аналогічними показниками у спектрі відбиття квіток, що слід пояснити зменшенням кількості адсорбованих хлорофілів відносно флавоноїдів порівняно із квітками.

Додаткові характеристики пігментованого адсорбату отримано у результаті розрахунку колориметричних параметрів (табл. 2). Порівняно із кольоровим стимулом квіток відсутність каротиноїдів у складі адсорбованих пігментів позначилось на зменшенні домінувальної довжини хвилі іммобілізованого препарату на 4,7 нм, що відповідало діапазону жовто-зеленого кольору. Тенденція зменшення від'ємних

значень також відзначена для колориметричних коефіцієнтів  $a^*$  і  $b^*$  (табл. 2).

Аналізуючи отримані результати, слід зазначити, що при моделюванні залежно від довжини хвилі взаємодії сонячного випромінювання зі сполуками, які локалізовані у поверхневих тканинах квіток *A. artemisiifolia*, встановлена їхня підвищена світлопоглинальна здатність в УФ-А діапазоні. Така здатність пов'язана із підвищеним накопиченням УФ-поглинальних флавоноїдів у поверхневих тканинах квіток. Відповідно до цифрової бази даних спектрів поглинання флавоноїдів (Taniguchi et al., 2023) спектральні параметри флавонів і флавонолів, які ідентифіковані у суцвіттях амброзії полинолістої (Zeng et al., 2022), підтверджують їхню значну протекторну здатність відносно УФ-А радіації. Фотозахист генеративних органів на стадії цвітіння забезпечує високу насінневу продуктивність як одну із характерних інвазійних стратегій *A. artemisiifolia*. Встановлена нами відмінність відбивальних характеристик квіток цього інвазійного виду може слугувати маркерною ознакою рослин-геліофітів на додаток до високих значень показника світлового фактора у фітоіндикаційній шкалі за типом Елленберга (Tichý et al., 2023) та бальній шкалі визначення адаптаційного потенціалу *A. artemisiifolia* (Parakhnenko et al., 2023). Слід також додати, що за даними (Qin et al., 2012) для амброзії порівняно із нативними видами характерна значна пластичність до світлового режиму, що проявлялось у стабільності фізіологічних функцій як за умов затінення, так і при повному освітленні. Таку особливість слід пояснити як прояв загальної тенденції використання мінімуму світлового ресурсу порівняно із нативними видами, що розглядають як ознаку підсилення інвазивності (Funk, 2013). З урахуванням цих фактів слід зазначити, що для *A. artemisiifolia* характерна адаптація до двох екстремальних світлових режимів: при низькому рівні освітлення підвищена ефективність використання сонячної радіації, а при повному освітленні – фотозахист завдяки локалізації у поверхневих тканинах УФ-поглинальних флавоноїдів.

Підвищена світлопоглинальна здатність в УФ-А діапазоні раніше нами також встановлена для квіток ентомофільного інвазійного виду *Erigeron annuus* (L.) Pers.,

для якого локалізовані у поверхневих тканинах флавоноїди виконують як роль світлофільтра шляхом поглинання фотонів УФ-радіації, так і атрактивну функцію у процесі запилення, оскільки тенденція підвищеного накопичення УФ-поглинальних флавоноїдів відповідає підвищенню сприйняття випромінювання максимально чутливого УФ-рецептору запилювачів (Fedenko, 2024). Таку тенденцію слід розглядати як адаптивне підсилення репродуктивної системи інвазійних видів (Barrett et al., 2008).

Окрім світлопоглинальної здатності, завдяки своїй поліфункціональності, фенольні метаболіти залучені в інших адаптивних процесах рослин у несприятливих умовах середовища (Fedenko et al., 2020). Толерантність до абіотичних та біотичних стресорів завдяки індукції фенольних метаболітів сприяє підвищенню інвазивності *A. artemisiifolia* в умовах кліматичних змін (Solarz et al., 2023; Yin et al., 2023; Syngkli & Rai, 2025). Отримані результати підтверджують роль фенольних метаболітів у підвищенні конкурентоспроможності інвазійних рослин відповідно до гіпотези зміни захисту (shifting defence hypothesis) (Wan et al. 2019).

Підвищена толерантність до високого рівня металів та органічних полютантів обумовлює конкурентну перевагу *A. artemisiifolia* порівняно з аборигенними видами при хімічному забрудненні природного середовища, що дало підстави рекомендувати цей інвазійний вид для технологій фіторемедіації (Fedenko et al., 2020) відповідно сучасного тренду використання рудеральних видів у відновленні деградованих земель (Randelović et al., 2024).

Інший аспект отриманих результатів пов'язано із сучасним напрямом використання ресурсного потенціалу інвазійних рослин для отримання біологічно активних речовин (Lorenzo & Morais, 2023). У зв'язку з цим проведені дослідження складу фенольних сполук, які обумовлюють антиоксидантну, антиліпазну, антимікробну та цитотоксичну активність екстрактів амброзії полинолістої (Maksimović, 2008; Mihajlovic et al., 2015; Poljuha et al., 2022; Zeng et al., 2022; Quinty et al., 2023). Встановлена нами здатність до хемосорбції флавоноїдів з екстракту *A. artemisiifolia* може бути використана для концентрування, стабілізації цих природних антио-

кисидантів, створення біогібридних матеріалів і композицій з твердим дисперсійним середовищем для покращення біофармацевтичних характеристик (підвищення розчинності та біодоступності фармацевтично активних інгредієнтів) (Colombo et al., 2022).

Отримані результати також удосконалюють деякі методичні підходи. Використаний аналіз спектрального розподілу інтенсивності в одиницях абсорбції дозволив отримати більш структуровані спектри біохромів, локалізованих у поверхневих тканинах квіток, на відміну від дослідження залежності коефіцієнта відбиття листків і стебел *A. artemisiifolia* (Dammer et al., 2013). Такий прийом розширює методичну базу спектральних підходів для ідентифікації інвазійних рослин на стадії цвітіння (Paz-Kagan et al., 2019). Інший методичний аспект отриманих результатів стосується удосконалення діагностики хелатувальної здатності у прояві алелопатичної активності інвазійних рослин (Likhanov et al., 2021), оскільки така активність для *A. artemisiifolia* обумовлена фенольними метаболітами поряд із іншими сполуками (Knolmajer et al., 2024).

### Висновки

У результаті моделювання процесу взаємодії випромінювання залежно від довжини хвилі зі світлопоглинальними сполуками, які локалізовані у поверхневих

тканинах встановлено, що визначальною особливістю спектрів відбиття квіток інвазійного виду *A. artemisiifolia* як геліофіту є підвищення інтенсивності максимуму УФ-поглинальних флавоноїдів порівняно із каротиноїдами та хлорофілами. Для збільшення ступеня розподілення виявлених максимумів проведено диференціювання спектральної кривої відбиття. Досліджені квітки також охарактеризовано специфічною сукупністю колориметричних параметрів. Флавоноїди ідентифіковані завдяки хелатувальним властивостям шляхом хемосорбції із рослинного екстракту на оксиді алюмінію та наступним визначенням спектральних характеристик продукту взаємодії. Підвищена локалізація флавоноїдів, що поглинають ультрафіолет, у поверхневих тканинах квіток обумовлює збільшення фотопротекторної здатності як адаптивне підсилення репродуктивної системи інвазійного виду. Отримані результати на прикладі *A. artemisiifolia* підтверджують роль фенольних сполук у підвищенні конкурентоспроможності інвазійних рослин згідно гіпотези зміни захисту (shifting defence hypothesis). Запропоновані методичні підходи можуть бути застосовані для ідентифікації інвазійних видів на стадії цвітіння та при використанні ресурсного потенціалу цих рослин для отримання біологічно активних речовин.

### Фінансування / Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

### Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до автора / Dataset available on request from the author.

### Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Не застосовується / Not applicable.

### Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

### Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів / The author declares no conflict of interest.

## References

- 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>
- Cairone, F., Carradori, S., Locatelli, M., Casadei, M. A., & Cesa, S. (2020). Reflectance colorimetry: A mirror for food quality—A mini review. *European Food Research and Technology*, 246(2), 259-272. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03345-6>
- Colombo, M., Michels, L. R., Teixeira, H. F., & Koester, L. S. (2022). Flavonoid delivery by solid dispersion: a systematic review. *Phytochemistry Reviews*, 21, 783–808. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09763-3>
- Dammer, K. H., Intress, J., Beuche, H., Selbeck, J., & Dworak, V. (2013). Discrimination of *Ambrosia artemisiifolia* and *Artemisia vulgaris* by hyperspectral image analysis during the growing season. *Weed Research*, 53(2), 146-156. <https://doi.org/10.1111/wre.12006>
- 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). Chemisorption of flavonoids from canadian goldenrod on aluminum oxide. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30(3), 340-348. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i3.262972> (in Ukrainian)  
Феденко В. С. Хемосорбція флавоноїдів золотушника канадського на оксиді алюмінію. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2022. Т.30, №3. С. 340-348. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i3.262972>
- Fedenko, V.S. (2007). Dose effect of cyanidin interaction with lead ions in roots of maize seedlings. *Ukrainian Biochemical Journal*, 79(2), 24–29 (in Ukrainian).  
Феденко В. С. Дозовий ефект взаємодії ціанідину з іонами свинцю в коренях проростків кукурудзи. *Український біохімічний журнал*. 2007. Т. 79, №2. С. 24–29.
- Fedenko, V. S. (2024). Reflectance characteristics of flowers as a criterion for invasiveness of *Erigeron annuus* (L.) Pers. *Ecology and Noospherology*, 35(1), 52-57. <https://doi.org/10.15421/032409> (in Ukrainian)  
Феденко В. С. Відбивальні характеристики квіток як критерій інвазивності *Erigeron annuus* (L.) Pers. *Екологія та ноосферологія*. 2024. Т. 35, №1. С. 52-57. <https://doi.org/10.15421/032409>
- Fedenko, V. S. (2023). 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. <https://doi.org/10.15421/032315> (in Ukrainian)  
Феденко В. С. Трансформація рослинності за умов впливу воєнних дій на природне середовище в Україні (огляд літератури). *Екологія та ноосферологія*, 2023. Т.34, №2. С. 101-107. <https://doi.org/10.15421/032315>
- Fedenko, V. S., Shemet, S. A., Guidi, L., & Landi, M. (2020). Metal/metalloid-induced accumulation of phenolic compounds in plants. In: M. Landi, S. A. Shemet, & V. S. Fedenko (eds.). *Metal toxicity in higher plants*. N. Y. Nova Science Publishers, 67–115.
- 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. *Physiol. Plant.*, 173(3), 736-749. <https://doi.org/10.1111/ppl.13543>



- Funk, J. L. (2013). The physiology of invasive plants in low-resource environments. *Conservation physiology*, 1(1), cot026. <https://doi.org/10.1093/conphys/cot026>
- Gavrilyuk, Y., Aksyonov, I., Matsay, N., Beseda, A., & Aksyonova, I. (2023). Dissemination of the quarantine weeds of the genus *Ambrosia* in the steppe zone of Ukraine. *Acta agriculturae Slovenica*, 119(2), 1-9. <https://doi.org/10.14720/aas.2023.119.2.2492>
- 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>
- Humbal, A., & Pathak, B. (2023). Influence of exogenous elicitors on the production of secondary metabolite in plants: A review ("VSI: secondary metabolites"). *Plant Stress*, 8, 100166. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100166>
- 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>
- Karrer, G., Lehner, F., Waldhaeuser, N., Knolmayer, B., Hall, R. M., Poór, J., Jócsák, I., & Kazinczi, G. (2024) Long-term seed survival of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) after burial. *NeoBiota*, 96, 363–379. <https://doi.org/10.3897/neobiota.96.130750>
- Knolmayer, B., Jócsák, I., Taller, J., Keszthelyi, S., & Kazinczi, G. (2024). Common Ragweed—*Ambrosia artemisiifolia* L.: A Review with Special Regards to the Latest Results in Biology and Ecology. *Agronomy*, 14(3), 497. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030497>
- Likhanov, A., Oliinyk, M., Pashkevych, N., Churilov, A., & Kozyr, M. (2021). The role of flavonoids in invasion strategy of *Solidago canadensis* L. *Plants*, 10(8), 1748. <https://doi.org/10.3390/plants10081748>
- Lorenzo, P., & Morais, M. C. (2023). Strategies for the management of aggressive invasive plant species. *Plants*, 12(13), 2482. <https://doi.org/10.3390/plants12132482>
- Maksimović, Z. (2008). In vitro antioxidant activity of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L., Asteraceae) herb. *Industrial Crops and Products*, 28(3), 356-360. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.001>
- Mihajlovic, L., Radosavljevic, J., Burazer, L., Smiljanic, K., & Velickovic, T. C. (2015). Composition of polyphenol and polyamide compounds in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen and sub-pollen particles. *Phytochemistry*, 109, 125-132. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.10.022>
- Montagnani, C., Gentili, R., Smith, M., Guarino, M. F., & Citterio, S. (2017). The worldwide spread, success, and impact of ragweed (*Ambrosia* spp.). *Critical Reviews in Plant Sciences*, 36(3), 139-178. <https://doi.org/10.1080/07352689.2017.1360112>
- Neilyk, M. M., & Tsytsiura, Y. G. (2020). Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.): taxonomy, biology, adaptive potential and control strategy. Vynnytsia. (in Ukrainian)  
Неїлик М. М., Цицюра Я. Г. Амбросія полиноліста (*Ambrosia artemisiifolia* L.): систематика, біологія, адаптивний потенціал та стратегія контролю. Вінниця: Друк плюс, 2020. 700 с.
- Ohta, N., & Robertson, A. (2006). *Colorimetry: fundamentals and applications*. John Wiley & Sons.

- Parakhnenko, V., Vitenko, V., Didenko, I., Koval, S., & Chernysh, V. (2023). Distribution of *Ambrosia artemisiifolia* L. in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine and its adaptive potential. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 24(2), 31-40. <https://doi.org/10.23902/trkjnat.1188477>
- Paz-Kagan, T., Silver, M., Panov, N., & Karnieli, A. (2019). Multispectral approach for identifying invasive plant species based on flowering phenology characteristics. *Remote Sensing*, 11(8), 953. <https://doi.org/10.3390/rs11080953>
- Poljuha, D., Sladonja, B., Šola, I., Šenica, M., Uzelac, M., Veberic, R.; Hudina, M., Famuyide, I. M., Eloff, J. N., & Mikulic-Petkovsek, M. (2022). LC-DAD-MS phenolic characterisation of six invasive plant species in Croatia and determination of their antimicrobial and cytotoxic activity. *Plants*, 11, 596. <https://doi.org/10.3390/plants11050596>
- Qin, Z., Mao, D., Quan, G., Zhang, J. E., Xie, J., & DiTommaso, A. (2013). Antioxidant response of the invasive herb *Ambrosia artemisiifolia* L. to different irradiance levels. *Phytoprotection*, 93(1), 8-15. <https://doi.org/10.7202/1015232ar>
- Qin, Z., Mao, D. J., Quan, G. M., Zhang, J. E., Xie, J. F., & DiTommaso, A. (2012). Physiological and morphological responses of invasive *Ambrosia artemisiifolia* (common ragweed) to different irradiances. *Botany*, 90(12), 1284-1294. <https://doi.org/10.1139/b2012-096>
- Randelović, D., Jakovljević, K., Šinžar-Sekulić, J., Kuzmič, F., & Šilc, U. (2024). Recognising the role of ruderal species in restoration of degraded lands. *Science of The Total Environment*, 938, 173104. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173104>
- Solarz, W., Najberek, K., Tokarska-Guzik, B., & Pietrzyk-Kaszyńska, A. (2023). Climate change as a factor enhancing the invasiveness of alien species. *Environmental & Socio-economic Studies*, 11(4), 36-48. <https://doi.org/10.2478/environ-2023-0022>
- Syngkli, R. B., & Rai, P. K. (2025). Expanding horizon of invasive alien plants under the interacting effects of global climate change: multifaceted impacts and management prospects. *Climate Change Ecology*, 9, 100092. <https://doi.org/10.1016/j.ecochg.2025.100092>
- 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>
- Tichý, L., Axmanová, I., Dengler, J., Guarino, R., Jansen, F., Midolo, G., Nobis, M.P., Van Meerbeek, K., Ačić, S., Attorre, F., Bergmeier, E., Biurrun, I., Bonari, G., Bruelheide, H., Campos, J. A., Čarni, A., Chiarucci, A., Čuk, M., Čušterevska, R., Didukh, Y., Dítě, D., Dítě, Z., Dziuba, T., Fanelli, G., Fernández-Pascual, E., Garbolino, E., Gavilán, R. G., Gégout, J.-C., Graf, U., Güler, B., Hájek, M., Hennekens, S. M., Jandt, U., Jašková, A., Jiménez-Alfaro, B., Julve, P., Kambach, S., Karger, D. N., Karrer, G., Kavgac, A., Knollová, I., Kuzemko, A., Kuzmič, F., Landucci, F., Lengyel, A., Lenoir, J., Marcenò, C., Moeslund, J. E., Novák, P., Pérez-Haase, A., Peterka, T., Pielech, R., Pignatti, A., Rašomavičius, V., Rūsiņa, S., Saatkamp, A., Šilc, U., Škvorc, Ž., Theurillat, J.-P., Wohlgemuth, T., & Chytrý, M. (2023). Ellenberg-type indicator values for European vascular plant species. *Journal of Vegetation Science*, 34(1), e13168. <https://doi.org/10.1111/jvs.13168>
- Udzhmadzhuridze, V. G., & Lisovets, O. I. (2024). Ecomorphic analysis of plant communities with *Ambrosia artemisiifolia* L. in the urban ecosystem of Dnipro city. *Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils*, 24, 140-153. <https://doi.org/10.15421/442412>

Wan, J., Huang, B., Yu, H., & Peng, S. (2019). Reassociation of an invasive plant with its specialist herbivore provides a test of the shifting defence hypothesis. *Journal of Ecology*, 107(1), 361-371. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13019>

Yin, W., Zhou, L., Yang, K., Fang, J., Biere, A., Callaway, R. M., Wu, M., Yu, H., Shi, Y. & Ding, J. (2023). Rapid evolutionary trade-offs between resistance to herbivory and tolerance to abiotic stress in an invasive plant. *Ecology Letters*, 26(6), 942-954. <https://doi.org/10.1111/ele.14221>

Zavialova, L. V., Protopopova, V. V., Panchenko, S. M., Smagol, V. O., Kolomiichuk, V. P., Kucher, O. O., & Shevera, M. V. (2022). The synantropization of vegetation cover of Ukraine as impact of military actions. In: *Overcoming ecological risks and threats to the environment in emergency situations—2022*. Dnipro, 31-52. <https://doi.org/10.23939/monograph2022> (in Ukrainian)

Зав'ялова, Л. В., Протопопова В. В., Панченко, С. М., Смаголь, В. О., Коломійчук, В. П., Кучер, О.О., Шевера М. В. Синантропізація рослинного покриву України внаслідок воєнних дій. *Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій—2022*. Дніпро: Середняк Т. К., 2022. С. 31-52. <https://doi.org/10.23939/monograph2022>

Zeng, Z., Cheng, D., Lai, M. M., He, H. L., Qiu, L., Xue, J., Li, Y-Z., & Ding, W. B. (2022). A New lignan and C(6)-oxygenated flavonoids from the inflorescence of *Ambrosia artemisiifolia*. *Chemistry & Biodiversity*, 19(3), e202100897. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202100897>

Received: 14.02.2025. Accepted: 10.03.2025. Published: 03.04.2025.

**Ви можете цитувати цю статтю так:**

Феденко В. Світлопоглинальна здатність квіток інвазійного виду *Ambrosia artemisiifolis* L. *Biota. Human. Technology*. 2025. №1. С. 28-38.

**Cite this article in APA style as:**

Fedenko, V. (2025). Light absorption capacity of flowers of the invasive species *Ambrosia artemisiifolis* L. *Biota. Human. Technology*, 1, P. 28-38. (in Ukrainian)

**Information about the author:**

**Fedenko V.** [in Ukrainian: **Феденко В.**], Senior scientific researcher, Ph.D., Senior scientific researcher, e-mail: [opticlub.fedenko@gmail.com](mailto:opticlub.fedenko@gmail.com)  
ORCID: 0000-0002-4696-6981 Researcher ID: C-7674-2016 Scopus-Author ID: 25023532500  
Oles Honchar Dnipro National University  
72 Nauky Avenue, Dnipro, 49045, Ukraine