

## ОЦІНКА АЛЕЛОПАТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ВОДОРОЗЧИННИХ СПОЛУК ІЗ НАДЗЕМНИХ ЧАСТИН ВИСОКОІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ РОСЛИН

Ю. Данко, М. Кобилецька

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна  
e-mail: yura\_danko@ukr.net  
myroslava.kobyletska@lnu.edu.ua

Дослідження присвячене актуальній проблемі екологічної безпеки – зростаючому поширенню інвазійних рослин, що призводить до втрати біорізноманіття і зміни функціонування природних екосистем. Одним із факторів, які сприяють поширенню адвентивних видів, є алелопатія – складний біологічний процес взаємодії між рослинами через виділення у довкілля хімічно активних речовин. Досліджували водорозчинні сполуки, здатні швидко мігрувати природним середовищем після дощів, стоку або затоплення, що зумовлює їхній вплив на аборигенні види та формування нових рослинних угруповань у річково-долинних екосистемах. У роботі представлено результати серії лабораторних біотестів, у яких оцінювали алелопатичний потенціал *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Helianthus tuberosus* L. (F.Schmidt) та *Reynoutria sachalinensis* (F.Schmidt) Nakai, що масово поширені на території Українських Карпат. Активність екстрактів оцінювали за допомогою біотесту на ріст крес-салату (*Lepidium sativum* L.) – рослини-індикатора, яка чутлива до дії фітотоксичних сполук. Вивчення впливу відбувалося в динаміці сезону й охоплювало широкий діапазон концентрацій екстракту, що дало змогу визначити концентраційну залежність впливу колінів на ріст і розвиток тестової рослини. Експериментальні дані підтвердили, що всі три досліджувані рослини є потужними алелопатичними донорами, причому борщівник Сосновського виявляв найактивнішу інгібуючу дію. Алелопатичний ефект був прямо пропорційним концентрації екстракту і змінювався упродовж вегетаційного періоду. Отримані результати підтверджують, що водорозчинні алелопатичні речовини інвазійних рослин є одними з факторів їхнього впливу на оточуючу рослинність.

*Ключові слова:* інвазійні види, алелопатія, біорізноманіття, інвазійна флора, фотосинтез, водний режим, біологічно активні речовини

У сучасному світі поширення інвазійних рослин є однією з найгостріших екологічних проблем, що веде до збіднення біорізноманіття і порушує баланс екосистем. Розуміння механізмів успішного поширення та домінування адвентивної рослинності на нові місцевості є критично важливим для розробки ефективних стратегій контролю. Одним із таких механізмів є алелопатія – складний біологічний феномен, що охоплює прямий або непрямий шкідливий чи сприятливий вплив одного організму на інший через виділення біологічно активних речовин (БАР) у навколишнє середовище. До сполук, які мають алелопатичну активність, належать такі групи речовин як феноли, алкалоїди, терпеноїди, глюкозинолати, ізотіоціанати, бензоксазиноїди й інші продукти життєдіяльності рослин

[7]. Алелопатичний вплив на оточуючі рослини може відбуватись як безпосередньо, так і опосередковано, через взаємодію з іншими організмами чи зміну фізичних і хімічних характеристик ґрунту, які, своєю чергою, впливають на ріст, розвиток, фотосинтетичну активність, водний режим та розподіл вищих рослин в угрупованнях [12, 14, 16]. Алелопатично активні речовини виділяються в довкілля різними шляхами, серед яких випаровування, виділення надземних частин і коренів (активні виділення називаються екsudати, пасивні – дифузати), вилугування з опадів (сапроліни). Одним із основних пасивних механізмів виділення БАР рослинами є вимивання їх під час опадів, причому навіть невелика кількість опадів, зокрема, і роса, можуть вимивати БАР з рослини [3, 4, 8].

Для дослідження алелопатичного впливу адвентивних рослин на оточуюче середовище було обрано три високоінвазійні види рослин, які широко розповсюджені на території Українських Карпат: борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Manden.), топінамбур (*Helianthus tuberosus* L. (F.Schmidt)) і рейнуртія сахалінський (*Reynoutria sachalinensis* (F.Schmidt) Nakai). Борщівник Сосновського – *Heracleum Sosnowskyi* Manden., ботанічного роду *Heracleum*, ботанічної родини *Apiaceae* є адвентивною рослиною, інтродукованою на територію України як невдала спроба використати кормову культуру, що здатна накопичувати велику кількість органічних речовин. Містить фуурокумарини, що викликають опіки шкіри під дією УФ випромінювання. Активно поширюється на теренах Закарпаття уздовж річкових долин, автомобільних шляхів. Виявляє високоінвазійну й алелопатичну активність [1, 5, 10]. Соняшник бульбистий, або топінамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – бульбоносна рослина, яка належить до ботанічного роду Соняшник (*Helianthus*), ботанічної родини айстрових (*Asteraceae*). Рослина інтродукована на території Європи в XVII ст. з Північної Америки. Хоч топінамбур не є небезпечним для здоров'я людини та має практичне застосування, все ж у межах України рослину широко не використовують, а особини, які потрапили в дике середовище, швидко адаптувалися та стрімко поширилися, займаючи нові оселища і витісняючи аборигенні види [5, 9, 13]. Рейнуртія сахалінська (*Reynoutria sachalinensis* (F.Schmidt) належить до ботанічного роду *Reynoutria*, ботанічної родини гречкових *Polygonaceae*. Рослина походить зі Східної Азії та натуралізована майже по всьому світу, в тому числі і в Україні. Рослина має кілька номенклатурних назв, найбільш відомими з яких є далекосхідна гречка сахалінська, гречка сахалінська, гірчак сахалінський (*Polygonum sachalinensis* F.Schmidt) та фалопія сахалінська (*Fallopia sachalinensis* (F.Schmidt) Ronse Decr.). На території України гірчак жодного практичного застосування не має і є бур'яном, що швидко поширюється та за короткий час стає доміантним у нових екотопах [2, 5, 6, 13].

Досліджувані види активно поширюються, радикально змінюючи природний рослинний покрив, і є одними з найбільш високоінвазійних і агресивних рослин, які проводять активну експансію в Українських Карпатах [5]. Алелопатичний вплив є одним із механізмів негативного тиску інвазійних рослин на місцеву флору. Важливу роль у цьому процесі відіграють водорозчинні сполуки, здатні ефективно мігрувати по екосистемі під дією дощових опадів, водних стоків чи затоплення, що зумовлює їхній швидкий вплив на аборигенну флору. Для всіх трьох досліджуваних видів характерний «змішаний тип» просторового поширення з переважною локалізацією у річково-долинних коридорах, в яких завдяки підвищеній вологості й кількості опадів виникають оптимальні умови для масового трансферу й дії алелопатичних речовин [2]. Як свідчить аналіз літературних джерел, саме вода виступає вирішальним чинником у процесі вилугування БАР із рослин і, відповідно, посилення їхньої деструктивної дії на оточуючу рослинність [11, 18, 22, 25, 26].

Вивчення впливу водорозчинних речовин інвазійних рослин на аборигенні види має ключове значення для розуміння механізмів їхнього поширення й екологічної стійкості. Завдяки здатності алелопатичних сполук активно вимиватися під дією дощу, затоплення або стоку води ці хімічні сполуки швидко потрапляють у навколишнє середовище, де можуть пригнічувати проростання, ріст і розвиток місцевої флори, змінювати мікробіологічний стан ґрунту і структуру угруповань. Для глибшого розуміння впливу водорозчинних алелопатичних сполук інвазійних видів важливо не лише обмежуватися оцінкою їхнього миттєвого або одноразового ефекту на оточуючу флору, а й розглядати цей процес у динаміці. Алелопатичний потенціал і спектр виділених речовин можуть суттєво змінюватись упродовж вегетаційного періоду – залежно від фази росту інвазійної рослини, її фізіологічного стану, кількості біомаси, а також від частоти й інтенсивності дощів і затоплень [15, 20, 23]. Відповідно, ефекти щодо чутливості аборигенних видів можуть також змінюватися в часі, посилюючись у періоди інтенсивного виділення БАР або пригасати після зниження активності інвазійних видів. Тому важливим завданням нашого дослідження є не лише визначити характер впливу водорозчинних сполук інвазійних видів рослин на ріст і розвиток супутньої рослинності, а й простежити залежність цих ефектів від концентрацій і сезонності.

### Матеріали та методи

Збір рослинного матеріалу проводили щомісяця, у другій його половині, упродовж активного періоду життєдіяльності рослин. Збір тривав для борщівника Сосновського – з 4-го по 8-й місяць, а для рейнутрії сахалінської і топінамбура – з 4-го по 9-й місяць. Локалітет збору рослинного матеріалу представлено на рис. 1.



Рис. 1. Локалітет збору рослинного матеріалу біля р. Латориця, в межах м. Мукачева

Для оцінювання алелопатичної активності водорозчинних речовин із надземних частин рослинного матеріалу застосовували методику, представлену в методичному посібнику «Сучасні методи в алелопатичних дослідженнях» [12]. Як модель водорозчинних виділень рослин використовували водні екстракти різних концентрацій, які отримували шляхом настоювання повітряно-сухого рослинного матеріалу в дистильованій воді.

Для вихідного екстракту наважку 5 г рослинного матеріалу (окремо стебло і листки) заливали 50 мл дистильованої води, через 24 год розчин фільтрували через паперовий фільтр і отримували вихідний екстракт. Таким чином, було забезпечено стандартизоване співвідношення сировини до екстрагенту, що становило 1:10. Вихідний екстракт, який приймали за нерозведену концентрацію (1), використовували для приготування серії розведених робочих розчинів. Розведення здійснювали додаванням дистильованої води для отримання наступних, менш концентрованих, екстрактів. Були підготовані розчини у трьох співвідношеннях об'ємів (вихідний екстракт : дистильована вода): 1:5, 1:10 та 1:20. Відсортоване насіння тест-рослини крес-салату (*Lepidium sativum* L.) висівали на фільтрувальний папір, зволожений дистильованою водою, ставили у термостат для пророщування за температури 26 °C упродовж 18 год. Із пророслого насіння відбирали ті проростки, в яких корені досягли довжини 3–5 мм. Вимірювали довжину кореня кожного проростка та по 20 одиниць вміщували у чашки Петрі на фільтрувальний папір, зволожений 5 мл витягу різної концентрації. У варіанті контролю проростки вміщували на фільтрувальний папір, змочений водою. Досліджувані зразки поміщали на добу в термостат, після чого знову вимірювали довжину коренів і розраховували добовий приріст [12]. Для кожного варіанта дослід проводили у трьох повторностях (n=3). Аделопатичну активність водорозчинних речовин рослин виражали як добову різницю довжин кореня тест-рослини та як приріст коренів у відсотках щодо приросту проростків у контролі (на воді), який приймали за 100 %.

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакета Microsoft Office Excel, застосовуючи методи описової статистики. Кожен результат базувався на трьох повторностях, для яких було обчислено середнє арифметичне (M), стандартну похибку (m) і t-критерій Ст'юдента. Різниця між групами вважалася статистично значущою, якщо її рівень вірогідності (P) становив  $P \leq 0,05$ ,  $P \leq 0,01$  або  $P \leq 0,001$ .

### Результати і їхнє обговорення

Результати вивчення аделопатичної активності водорозчинних сполук з надземних частин досліджуваних видів представлені в табл. 1, 2 і 3.

Як видно з наведених даних, усі варіанти витягів виявляли інгібуючий вплив на ріст коренів тестової рослини. Найбільше пригнічення росту коренів фіксували за вихідної концентрації водних екстрактів. Також за даного розведення спостерігали й інші ознаки пригнічення тестової рослини, зокрема, стоншення кореня та загальне зменшення біомаси. Зі зменшенням концентрації водного екстракту інгібування тестової рослини пропорційно зменшувалося, проте було помітним навіть за розведення 1:20.

Серед досліджуваних інвазійних рослин найбільший негативний вплив на ріст і розвиток крес-салату виявив борщівник Сосновського (*H. sosnowskyi*), особливо за вихідної концентрації водного екстракту. За цієї концентрації добовий приріст коренів був мінімальним, а візуальний стан *L. sativum* свідчив про їхнє глибоке пригнічення, що вказувало на нежиттєздатність у таких умовах.

Порівняння активності витягів із різних частин рослин свідчить, що листя виявляє вищу аделопатичну активність порівняно зі стеблами. Водні екстракти з листя у більшості випадків викликали сильніше пригнічення росту тестової рослини. Причиною цього може бути накопичення у листках великої кількості БАР, адже саме листя є головним місцем синтезу продуктів вторинного метаболізму – фенольних сполук, флавоноїдів, органічних кислот тощо, які беруть участь у захисті рослини від стресів, патогенів і конкурентів. Листки активно залучені до процесів фотосинтезу, обміну речовин і взаємодії з навколишнім середовищем, тому рослина накопичує тут максимальну кількість БАР для

ефективного реагування на вплив зовнішніх чинників. Стебла зазвичай містять меншу кількість алопатично активних сполук, оскільки їхня основна функція – забезпечення механічної міцності й транспорту, а не утворення захисних метаболітів [17, 19, 21, 24]. Таким чином, концентрація і спектр алолохімікатів у листках пояснюють більшу алопатичну ефективність цих органів у формуванні фітотоксичного впливу інвазійних видів.

Таблиця 1

Вплив екстрактів надземної частини *H. sosnowskyi* на довжину кореня *L. sativum* і їхній приріст щодо контролю, %

К-ція витагю	Період збору рослинного матеріалу									
	Квітень		Травень		Червень		Липень		Серпень	
	M±m, мм	%	M±m, мм	%	M±m, мм	%	M±m, мм	%	M±m, мм	%
<b>Стебло 1</b>	0,123 ± 0,028***	0,826	0,160 ± 0,033***	1,074	0,135 ± 0,008***	0,907	0,285 ± 0,035***	1,914	0,342 ± 0,028***	2,296
<b>Стебло 1:5</b>	2,213 ± 0,047***	14,860	1,030 ± 0,312***	6,916	1,527 ± 0,528***	10,254	2,990 ± 0,595***	20,078	4,044 ± 0,392***	27,156
<b>Стебло 1:10</b>	4,475 ± 0,742***	30,050	1,887 ± 0,069***	12,671	2,856 ± 0,383***	19,178	4,022 ± 0,988***	27,008	5,325 ± 0,806***	35,758
<b>Стебло 1:20</b>	5,913 ± 0,123**	39,706	2,363 ± 0,248***	15,867	5,243 ± 0,217***	35,207	7,518 ± 0,802	50,484	6,144 ± 0,931***	41,257
<b>Листки 1</b>	0,175 ± 0,290***	1,175	0,071 ± 0,016***	0,477	0,143 ± 0,011***	0,960	0,057 ± 0,019***	0,383	0,071 ± 0,009***	0,477
<b>Листки 1:5</b>	1,416 ± 0,096***	9,508	1,827 ± 0,959***	12,268	1,917 ± 0,141***	12,873	1,392 ± 0,243***	9,347	1,935 ± 0,173***	12,994
<b>Листки 1:10</b>	1,632 ± 0,171***	10,960	2,181 ± 0,804***	14,645	2,668 ± 0,102***	17,916	1,818 ± 0,272***	12,208	2,355 ± 0,076***	15,814
<b>Листки 1:20</b>	2,152 ± 0,224***	14,451	2,258 ± 0,674***	15,163	5,183 ± 0,296***	34,804	3,770 ± 0,325**	25,316	5,309 ± 0,127***	35,650

Примітка: Різниця достовірна порівняно з контролем \* ≤0,05, \*\* ≤0,01, \*\*\* ≤0,001

Порівняння активності водних витягів у динаміці вказує на залежність алопатичного впливу від періоду основної життєдіяльності інвазійної рослини. Хоча отримані результати не завжди дають можливість вивести чітку лінійну залежність зміни впливу на тестову рослину, особливо порівнюючи динамічний вплив між різними концентраціями екстрактів, все ж таки простежується залежність впливу екстрактів від фази росту інвазійної рослини. Зокрема, згідно з отриманими даними, ми можемо бачити, що *H. tuberosus* виявляв сильнішу алопатичну активність у другій половині вегетаційного періоду, а *H. sosnowskyi* та *R. sachalinensis* – у середині вегетації. Такі результати можна пояснити тим, що динамічні зміни алопатичного потенціалу варіюють залежно від фізіологічного стану рослини. Пікові значення активності, ймовірно, збігаються з періодами найбільш інтенсивного біосинтезу і транслокації цих сполук, корелюючи з етапами цвітіння, плодоношення або з накопиченням резервних речовин. Відповідно, специфічні для кожного виду терміни максимального алопатичного впливу відображають їхні унікальні особливості життєвого циклу.

Досліджувані види рослин виявляли алопатичну активність упродовж усього вегетаційного періоду, пригнічуючи ріст і розвиток тестової рослини, демонструючи, що алопатичний вплив є одним із механізмів успішного поширення та домінування інвазійних рослин в екосистемах.

Таблиця 2

Вплив екстрактів надземної частини *R. sachalinensis* на довжину кореня *L. sativum* та їхній приріст щодо контролю, %

К-ція вигягу	Період збору рослинного матеріалу											
	Квітень		Травень		Червень		Липень		Серпень		Вересень	
	M±m, мм	%	M±m, мм	%	M±m, мм	%	M±m, мм	%	M±m, мм	%	M±m, мм	%
<b>Стебло 1</b>	1,642 ± 0,211***	11,026	0,587 ± 0,332***	3,942	0,595 ± 0,212***	3,995	0,355 ± 0,081***	2,384	1,670 ± 0,059***	11,214	1,841 ± 0,142***	12,362
<b>Стебло 1:5</b>	6,116 ± 0,067***	41,069	5,897 ± 0,898***	38,779	6,002 ± 0,264***	40,304	7,906 ± 0,984**	54,378	4,105 ± 0,479***	27,565	6,210 ± 1,130**	41,700
<b>Стебло 1:10</b>	8,452 ± 0,185***	56,755	6,627 ± 0,295***	57,830	7,710 ± 0,269***	51,773	8,221 ± 1,236*	55,167	5,570 ± 1,021***	37,403	9,931 ± 0,647***	66,686
<b>Стебло 1:20</b>	11,941 ± 0,678*	80,184	8,880 ± 0,641***	66,344	10,041 ± 1,420	67,425	9,125 ± 1,247*	61,852	10,712 ± 1,186*	71,931	11,157 ± 1,466	74,919
<b>Листки 1</b>	0,515 ± 0,270***	3,458	0,483 ± 0,301***	3,243	0,240 ± 0,105***	1,612	0,176 ± 0,036***	1,182	0,794 ± 0,101***	5,332	0,843 ± 0,115***	5,661
<b>Листки 1:5</b>	2,220 ± 0,922***	14,907	1,995 ± 0,087***	17,875	1,963 ± 0,646***	13,182	2,742 ± 0,062***	18,265	5,097 ± 0,758***	34,226	4,365 ± 0,825***	29,311
<b>Листки 1:10</b>	6,700 ± 0,854***	44,991	6,216 ± 1,382**	35,026	2,700 ± 0,980***	18,131	5,802 ± 0,242***	38,464	6,988 ± 0,409***	46,925	7,496 ± 0,325***	50,336
<b>Листки 1:20</b>	11,000 ± 0,541**	73,865	7,711 ± 1,192**	63,557	7,103 ± 0,882***	47,697	8,293 ± 0,247***	56,252	9,997 ± 0,379***	67,130	10,105 ± 1,422	67,856

Примітка: Різниця достовірна порівняно з контролем, \* ≤0,05, \*\* ≤0,01, \*\*\* ≤0,001

Таблиця 3

Вплив екстрактів надземної частини *H. tuberosus* на довжину кореня *L. sativum* та їхній приріст щодо контролю, %

К-ція вилягу	Період збору рослинного матеріалу											
	Квітень		Травень		Червень		Липень		Серпень		Вересень	
	М±m, мм	%	М±m, мм	%	М±m, мм	%	М±m, мм	%	М±m, мм	%	М±m, мм	%
Стебло 1	1,333 ± 0,107***	8,950	1,300 ± 0,109***	8,730	1,109 ± 0,085***	7,447	1,056 ± 0,056***	7,091	0,577 ± 0,064***	3,875	0,724 ± 0,177***	4,862
Стебло 1:5	7,932 ± 0,789***	53,264	2,683 ± 0,342***	2,683	4,012 ± 0,135***	26,941	5,702 ± 0,300***	38,289	3,369 ± 0,182***	22,623	6,858 ± 0,984**	46,052
Стебло 1:10	10,066 ± 1,013*	67,593	5,617 ± 1,008***	37,718	6,659 ± 0,297***	44,715	7,272 ± 0,050***	48,832	5,840 ± 0,528***	39,216	7,245 ± 0,450***	48,650
Стебло 1:20	11,408 ± 0,832*	76,605	10,867 ± 0,401**	72,972	10,514 ± 0,533**	70,602	11,947 ± 0,980	80,220	9,623 ± 0,595**	64,618	9,748 ± 0,370***	65,458
Листки 1	0,944 ± 0,026***	6,340	0,917 ± 0,120***	6,128	0,335 ± 0,022***	2,250	0,513 ± 0,045***	3,445	0,238 ± 0,003***	1,598	0,429 ± 0,079***	2,881
Листки 1:5	4,824 ± 0,148***	32,393	3,533 ± 0,497***	23,724	2,740 ± 0,023***	18,399	3,625 ± 0,347***	24,342	2,947 ± 0,230***	19,789	3,325 ± 0,915***	22,327
Листки 1:10	6,663 ± 0,123***	44,742	4,612 ± 0,819***	30,970	6,561 ± 0,547***	44,057	5,952 ± 0,257***	39,968	4,896 ± 0,201***	32,877	5,545 ± 0,407***	37,235
Листки 1:20	10,984 ± 0,344**	73,758	10,115 ± 1,012*	62,235	8,979 ± 0,924**	60,294	11,095 ± 0,278**	74,503	9,855 ± 0,574**	66,176	9,461 ± 0,175***	63,531

Примітка: Різниця достовірна порівняно з контролем \* ≤0,05, \*\* ≤0,01, \*\*\* ≤0,001

Алелопатична активність водних екстрактів досліджуваних рослин є прямо пропорційною їхній концентрації. Найбільше пригнічення росту коренів тест-рослини спостерігали за вихідної концентрації витягів, проте вплив залишався помітним навіть за значного розведення (1:20). Витяги з листків дослідних рослин виявляли вищу інгібуючу дію порівняно з витягами зі стебел.

Серед досліджуваних видів рослин борщівник Сосновського (*H. sosnowskyi*) виявив найбільший інгібуючий потенціал. Його водні екстракти за найвищої концентрації спричинили мінімальний приріст коренів тест-рослини, що вказує на його високу алелопатичну агресивність і здатність глибоко пригнічувати ріст сусідніх рослин.

Динаміка зміни алелопатичного впливу протягом досліджуваного періоду була видоспецифічною та залежала від періоду життєдіяльності інвазійного виду.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вихор Б. І., Проць Б. Г. Борщівник Сосновського (*Heracleum Sosnowskyi* Manden.) на Закарпатті: екологія, поширення та вплив на довкілля // Біологічні Студії / *Studia Biologica*. 2012. Т. 6. № 3. С. 185–196.
2. Вихор Б. І., Проць Б. Г. Інвазійні види рослин Закарпаття: екологічна характеристика та динамічні тенденції поширення // Біологічні Студії / *Studia Biologica*. 2014. Т. 8. № 1. С. 171–186.
3. Гнатюк Н. О. Механізми прояву алелопатичної взаємодії рослин // Таврійський наук. вісн. Екологія, іхтіологія та аквакультура. 2023. Вип. 131. С. 345–351.
4. Гродзинський А. М. Знову про фітоценотичну роль фізіологічно активних виділень рослин // Укр. ботан. журнал. 1983. Т. 40. № 4. С. 1–10.
5. Данко Ю., Войтків А., Кобилецька М. Огляд поширення інвазійних видів рослин на території Українських Карпат // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2024. Вип. 93. С. 29–45.
6. Єсінов О. В. Гірчак сахалінський // Альтернативні джерела енергії, енергозбереження та екологічні в аграрному секторі: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. / ННІ механотроніки і систем менеджменту (25–26 травня 2021 р., Харків). Харків. 2020. С. 16–18.
7. Кобилецька М. С., Пацула О. І., Романюк Н. Д. та ін. Фізіологія та біохімія рослин: підручник / за ред. проф., д-ра біол. наук О. І. Терек. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2023. Т. 1. 378 с.
8. Колеснік А. В., Сікура А. В., Сікура А. Й. Біохімічні особливості та фармацевтичний потенціал лікарських рослин різних агрокліматичних зон України // Біологічні системи: теорія та інновації. 2023. Т. 14. № 3–4. С. 40–47.
9. Липовий В. Г., Шевчук А. О., Гуцол Г. В., Князюк О. В. Особливості формування продуктивності різних сортів топінамбура // Сільське господарство та лісництво. 2019. Вип. 14. С. 79–87.
10. Мошківська С. В. Біологічні особливості борщівника Сосновського і наукове обґрунтування ефективної системи його контролювання в правобережному лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с/г наук: 06.01.13. К., 2016. 22 с.
11. Парфенюк А. І., Гаврилюк Л. В., Косовська Н. А. Вплив екзометаболітів рослин різних сортів сої на агресивність та інтенсивність споруляції *Fusarium graminearum* SCHWABE // Збалансоване природокористування. 2021. Вип. 1. С. 59–66.
12. Сучасні методи в алелопатичних дослідженнях: метод. посіб. / за заг. ред. чл.-кор. НАН України, проф. Н. В. Заїменко. К.: Ліра-К, 2021. 200 с.
13. Токарюк А. І., Чорней І. І., Буджак В. В. та ін. Інвазійні рослини в Буковинському Передкарпатті: монографія. Чернівці: Друк Арт, 2018. 176 с.



14. *Abdulfatah H. F., Naji E. F.* The Role of Allelopathy for some Plants: A Review // *Iraqi Journal of Desert Studies*. 2023. Vol. 13 (2). P. 61–71.
15. *An M., Liu D. L., Johnson I. R., Lovett J. V.* Mathematical modelling of allelopathy: II. The dynamics of allelochemicals from living plants in the environment // *Ecological Modelling*. 2003. Vol. 161. P. 53–66.
16. *Bachheti A., Sharma A., Bachheti R. K.* et al. Plant Allelochemicals and Their Various Applications // *Co-Evolution of Secondary Metabolites*. 2020. P. 441–465.
17. *Chu S., Shi Z., Xiao J.* et al. Bioactive constituents of amphibious *Rotala rotundifolia* at different growth stages and response surface optimization for flavonoid extraction // *Sci. Rep.* 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80300-w>.
18. *Dai L., Wu L., Zhou X.* et al. Effects of water extracts of *Flaveria bidentis* on the seed germination and seedling growth of three plants // *Sci. Rep.* 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22527-z>.
19. *Dixon R. A., Dickinson A. J.* A century of studying plant secondary metabolism—From “what?” to “where, how, and why?” // *Plant Physiology*. 2024. Vol. 195. P. 48–66.
20. *Filep R., Pal R. W., Balázs V. L.* et al. Can seasonal dynamics of allelochemicals play a role in plant invasions? A case study with *Helianthus tuberosus* L. // *Plant Ecology*. 2016. Vol. 217 (12). P. 1489–1501.
21. *Frazão V. P., Hufnagel M. T., Dorr F.* et al. The extraction method determines the chemical profiles of leaves and stems of *Melissa officinalis* L. // *J. Pharm. Pharmacogn. Res.* 2025. Vol. 13 (5). P. 1537–1546.
22. *Hussain F., Ilahi I., Malik S. A.* et al Allelopathic effects of rain leachates and root exudates of *Cenhrus ciliaris* L. and *Bothriochloa pertusa* (L.) A. CAMUS // *Pak. J. Bot.* 2011. Vol. 42 (5). P. 3587–3604.
23. *Liu C., Chen Y. D., Mallik A.* et al. Monthly dynamics of phenolic release and allelopathic effect in hollow and hummock *Sphagnum* // *Canadian Science Publishing. Botany*. 2023. Vol. 101 (11).
24. *Ozyigit I. I., Dogan I., Hocaoglu-Ozyigit A.* et al. Production of secondary metabolites using tissue culture-based biotechnological applications // *Front. Plant Sci.* 2023. Vol. 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1132555>.
25. *Serrano L.* Leaching from vegetation of soluble polyphenolic compounds, and their abundance in temporary ponds in the Doñana National Park (SW Spain) // *Origin and nature of DOM in lakes*. 1992. Vol. 229. P. 43–50.
26. *Yule C. M., Lim Y. Y., Lim T. Y.* Recycling of phenolic compounds in Borneo’s tropical peat swamp forests // *Carbon Balance Manage.* 2018. P. 1–14.

Стаття надійшла до редакції 03.11.25

доопрацьована 08.12.25

прийнята до друку 15.12.25

---

**ASSESSMENT OF ALLELOPATHIC ACTIVITY OF WATER-SOLUBLE  
COMPOUNDS FROM AERIAL PARTS OF HIGHLY INVASIVE PLANT SPECIES**

---

**Yu. Danko, M. Kobyletska***Ivan Franko National University of Lviv**4, Hrushevskiyi St., Lviv 79005, Ukraine**e-mail: yura\_danko@ukr.net**myroslava.kobyletska@lnu.edu.ua*

The research is dedicated to the current problem of environmental safety – the increasing spread of invasive plants, which leads to biodiversity loss and alterations in the functioning of natural ecosystems. One of the factors contributing to the distribution of adventitious species is allelopathy – a complex biological process of interaction between plants through the release of chemically active substances into the environment. The study investigated water-soluble compounds capable of rapidly migrating through the natural environment after rains, runoff, or flooding, which determines their impact on aboriginal species and the formation of new plant communities in river-valley ecosystems. The paper presents the results of a series of laboratory bioassays evaluating the allelopathic potential of *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Helianthus tuberosus* L. (F.Schmidt) and *Reynoutria sachalinensis* (F.Schmidt) Nakai, which are widely distributed in the Ukrainian Carpathians. Extract activity was assessed using a growth bioassay with garden cress (*Lepidium sativum* L.) – a sensitive indicator plant responsive to phytotoxic compounds. The influence was studied over the course of the growing season and across a wide range of extract concentrations, allowing identification of concentration-dependent effects of colines on the growth and development of test plants. Experimental results confirmed that all three species are strong allelopathic donors, with Sosnowsky's hogweed showing the most pronounced inhibitory effect. The allelopathic action was directly proportional to the extract concentration and varied throughout the vegetation period. These findings confirm that water-soluble allelopathic substances of invasive plants are one of the factors driving their impact on surrounding vegetation.

*Keywords:* invasive species, allelopathy, biodiversity, invasive flora, photosynthesis, water regime, biologically active substances