О. В. Ляшенко✉, Н. О. Хромих, О. О. Дідур

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Науки, 72, м. Дніпро, Україна, 49045

ВЛАСТИВОСТІ ПЛОДІВ РОСЛИН РОДУ *SORBUS* ЗА ВЕГЕТАЦІЇ В УМОВАХ СТЕПОВОГО КЛІМАТУ

Робота висвітлює важливість рослинних ресурсів як основи сталості екосистем, збагачення їх біорізноманіття та надання фітомеліоративних сервісів, а також як вагомої складової оздоровлення і продовольчої безпеки населення, що визначає необхідність їх раціонального використання. Поряд із екологічними аспектами цінності рослинних ресурсів важливою складовою є також їх унікальний фітохімічний склад, що слугує джерелом виявлення нових біологічно активних речовин. Поширений у північній півкулі род *Sorbus* L. (горобина) представлений у флорі України природними та інтродукованими видами, які добре відомі в етномедицині, але недостатньо повно вивчені для ефективного використання рослинного матеріалу. У роботі досліджено закономірності впливу едафічних і кліматичних умов під час вегетації в степовій зоні на характеристики плодів рослин горобини. Наведено показники температурного режиму і рівня опадів у період формування і дозрівання плодів (липень – вересень) упродовж 2022–2024 років. Надано характеристику фізико-хімічних особливостей ґрунтів Ботанічного саду ДНУ імені Олеся Гончара на тих ділянках, де ростуть рослини роду *Sorbus* L. Порівняльний аналіз морфометричних показників плодів у 2022–2024 роках виявив зниження маси сухих плодів горобини за високих температур повітря і значного дефіциту вологи під час дозрівання плодів у 2024 році. Найбільше зниження сухої маси зафіксовано для плодів *S. domestica* (у 3,9 разу; $P < 0,05$), тоді як у плодів рослин *S. torminalis* показник зростав у 1,3 разу. Усереднений показник вологості плодів горобини знижувався від 51,95 % у 2022 році до 50,30 % у 2023 році та до найменшого (46,83 %) у 2024 році. Показано зниження загального вмісту поліфенолів у плодах горобини в 2024 році, порівняно з попередніми роками, найбільше (вдвічі) у плодах рослин *S. hybrida* і *S. aria*, найменше (на 13–20 %) – у плодах *S. latifolia* і *S. torminalis*. Накопичення флавоноїдів у плодах усіх рослин у 2024 році відбувалось на найнижчому рівні за роки досліджень, особливо в плодах *S. latifolia*, *S. aucuparia* і *S. torminalis*. Отримані результати свідчать, що вміст вторинних метаболітів у плодах рослин горобини є результатом реалізації генетичного потенціалу видів у певних едафічних і кліматичних умовах періоду вегетації, тому може слугувати прогностичним маркером для отримання кращого рослинного матеріалу. Етанолові екстракти плодів горобини демонстрували антибактеріальну й протигрибкову активність як проти музейних культур, у тому числі грамнегативних бактерій *Klebsiella pneumoniae* B920, так і проти стійких до антибіотиків клінічних штамів грам-позитивних бактерій *Staphylococcus epidermidis* та диплоїдного грибка *Candida*

✉ E-mail: Liashenkoalena579@gmail.com

DOI: 10.15421/442408

albicans. Отримані результати вказують на високий антимікробний потенціал плодів горобини, який потребує подальших досліджень.

Ключові слова: горобина, плоди, морфометричні показники, поліфеноли, флавоноїди, антибактеріальна активність.

O. V. Liashenko✉, N. O. Khromykh, O. O. Didur

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

PROPERTIES OF FRUITS OF THE GENUS *SORBUS* PLANTS UNDER VEGETATION IN THE STEPPE CLIMATE

The importance of plant resources as the basis of the ecosystem's sustainability, the enrichment of their biodiversity and the provision of phyto-remedial services, as well as an important component of health improvement and food security of the population, which determines the need for their rational use, is highlighted. Along with the ecological aspects of the value of plant resources, an important component is also their unique phytochemical composition, which serves as a source of discovery of new biologically active substances. Common in the northern hemisphere, the genus *Sorbus* L. (rowan) is represented in the flora of Ukraine by natural and introduced species, which are well known in ethnomedicine, but have not been fully studied for the effective use of plant material. The work investigates the regularities of the influence of edaphic and climatic conditions during the growing season in the steppe zone on the characteristics of the fruits of *Sorbus* plants. The indicators of the temperature regime and the level of precipitation during the period of formation and ripening of fruits (July-September) during the years 2022–2024 are given. The characterization of the physicochemical properties of soils in the areas where plants of the genus *Sorbus* L. grow in the botanical garden of Oles Honchar Dnipro National University is given. A comparative analysis of the morphometric indicators of fruits in 2022–2024 revealed a decrease in the weight of dry *Sorbus* fruits at high air temperatures and a significant moisture deficit during fruit ripening in 2024. The greatest decrease in dry weight was recorded for the *S. domestica* fruits (by 3.9 times; $P < 0.05$), while the indicator increased by 1.3 times in the fruits of *S. torminalis* plants. The average moisture content of *Sorbus* fruits decreased from 51.95% in 2022 to 50.30% in 2023 and to the lowest (46.83%) in 2024. A decrease in the total content of polyphenols in *Sorbus* fruits in 2024, compared to previous years, was shown, the most (twice) in the fruits of *S. hybrida* and *S. aria* plants, the least (by 13–20%) in the fruits of *S. latifolia* and *S. torminalis*. The accumulation of flavonoids in the fruits of all plants in 2024 was at the lowest level during the years of research, especially in the fruits of *S. latifolia*, *S. aucuparia* and *S. torminalis*. The obtained results indicate that the content of secondary metabolites in the fruits of rowan plants is the result of the realization of the genetic potential of species in certain edaphic and climatic conditions of the growing season, therefore it can serve as a prognostic marker for obtaining better plant material. Ethanol extracts of *Sorbus* fruits demonstrated antibacterial and antifungal activity both against museum cultures, including gram-negative bacteria *Klebsiella pneumoniae* B920, and against antibiotic-resistant clinical strains of gram-positive bacteria *Staphylococcus epidermidis* and the diploid fungus *Candida albicans*. The obtained results indicate a high antimicrobial potential of rowan fruits, which requires further research.

Key words: rowan, fruits, morphometric indicators, polyphenols, flavonoids, antibacterial activity.

Вступ

Збереження, покращення та раціональне використання рослинних ресурсів є важливим напрямом наукових досліджень, оскільки вони слугують надійною основою підтримки сталості і збагачення біорізноманіття екосистем [11], становлять вагому складову продовольчої безпеки людства [8] та пропонують надійне джерело природних засобів для підтримки здоров'я людини [25]. На урбанізованих територіях створення та функціонування зеленої інфраструктури, зокрема зелених насаджень як їхньої невід'ємної частини, є одним із дієвих механізмів, що оптимізує екологічний стан та запобігає явищам опустелювання [20]. У кліматичних умовах степу, особливо впродовж літнього спекотного та посушливого періоду, зростає екологічна цінність міського зеленого простору, зважаючи на такі важливі екосистемні послуги, як фітомеліоративна та терморегулювальна функції [1]. Важливим аспектом використання рослинних ресурсів також є виявлення нових джерел біологічно активних речовин, зокрема з антимікробною активністю [17], які можуть сприяти подоланню або зниженню резистентності патогенів до поширених антибіотиків [7].

Цінним рослинним ресурсом є представники роду *Sorbus* L. (горобина), який включає понад 250 видів деревних рослин [29], широко розповсюджених у регіонах із помірним кліматом, у тому числі на території України [3, 6]. У степовому Придніпров'ї природні та інтродуковані види горобини зібрані в колекції Ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, де вони складають дві групи за посухостійкістю [4]. До відносно посухостійких належать види *S. aucuparia* (горобина звичайна) і *Sorbus torminalis* (горобина глоговина, або берека) та природний гібрид *Sorbus latifolia* (горобина широколиста). До рослин непосухостійких належать види *Sorbus domestica* (горобина домашня, або садова) і *Sorbus aria* (горобина круглолиста) та природні гібриди *Sorbus hybrida* (горобина гібридна, або фінська) і *Sorbus intermedia* (горобина проміжна, або скандинавська).

Майже всі види рослин роду *Sorbus* L. відомі в етномедицині завдяки своїм різноманітним лікувальним властивостям [27], включаючи протизапальні [24], протидіабетичні [10], антиканцерогенні [26]. Біологічна активність деяких видів горобини засвідчена в лабораторних дослідженнях, зокрема отримані позитивні результати дії екстракту плодів *S. domestica* в лікуванні виразкового коліту [18], показано цитотоксичний ефект екстракту плодів *S. commixta* проти клітин меланоми людини [16]. Виявлено значну протизапальну дію екстрактів листя *S. domestica* [19] і показано гіпоглікемічний ефект екстрактів листя *S. aucuparia*, що спостерігався без порушень видільної функції нирок [5], тоді як багато інших лікувальних властивостей чекають свого наукового підтвердження.

Відомо, що біологічна активність рослин значною мірою пов'язана з умістом фенольних сполук, у тому числі флавоноїдів [32]. Накопичення вторинних метаболітів у рослинному організмі детерміноване генетично, але в той же час залежить від едафічних і кліматичних умов, за яких відбулася вегетація рослин і розвиток плодів [31]. Такі закономірності необхідно враховувати під час оцінки ресурсного потенціалу рослинної сировини, особливо в степовій зоні України, де клімат має континентальні риси і не однаково сприятливий для різних видів рослин, навіть у межах одного роду [22]. Зокрема, плоди рослин горобини відомі корисними для людини властивостями [21], однак для раціонального використання цього цінного рослинного матеріалу

необхідне виявлення особливостей його фітохімічних та інших характеристик за різних умов вегетації рослин. У роботі досліджено закономірності впливу погодно-кліматичних умов періоду вегетації в степовому регіоні на морфологічні й фітохімічні показники та біологічну активність плодів природних для України та інтродукованих рослин роду *Sorbus* L.

Матеріали та методи дослідження

Плоди горобини відбирали в 2022–2024 роках на території Ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара з рослин видів *S. aucuparia* L., *S. torminalis* (L.) Crantz, *S. domestica* L., *S. aria* (L.) Crantz та природних гібридів *S. latifolia* (Lam.) Pers., *S. hybrida* L. і *S. intermedia* (Ehrh.) Pers., у період від першої декади вересня до початку жовтня, залежно від термінів дозрівання плодів.

Масу плодів горобини визначали ваговим методом, фіксуючи індивідуальні показники (в грамах) щонайменше 30 зразків, і виражали як середнє ± стандартне відхилення маси одного плоду.

Ізопропанолові екстракти плодів для визначення вмісту біологічно активних сполук та етанолові екстракти для оцінки антимікробної здатності плодів готували способом холодної мацерації (1:10, маса : об'єм) впродовж 24 годин із наступним фільтруванням.

Загальний уміст поліфенолів в екстрактах визначали за [28] шляхом вимірювання оптичної густини забарвленого блакитного продукту, який утворюється під час окислення фенольних сполук вольфрамовою кислотою в лужному середовищі. Реакційну суміш (екстракт, реактив Фоліна-Чокальтеу та 7,5%-вий карбонат натрію) інкубували 40 хвилин при 45°С, охолоджували та вимірювали оптичну густину при 726 нм. Загальний уміст фенольних сполук розраховували за калібрувальним графіком, побудованим по розчинах галової кислоти (ГК) в діапазоні концентрацій 10– 80 мкг/мл ($y = 0,0039\ x$; $R^2 = 0,9567$). Результати виражали в еквівалентах галової кислоти (мг галової кислоти/г наважки).

Уміст флавоноїдів в екстрактах плодів визначали алюміній-хлоридним методом [23]. Реакційну суміш (екстракт, ацетатний буфер і розчин $AlCl_3$) витримували 10 хвилин за кімнатної температури та вимірювали оптичну густину при 425 нм. Уміст флавоноїдів розраховували за калібрувальним графіком у діапазоні концентрацій 7,5–90 мг рутину/л. Результати виражали в еквівалентах рутину (мг рутину/г наважки).

Антимікробну активність етанолових екстрактів плодів горобини визначали дисковим дифузійним методом [12]. Тест-культури мікроорганізмів, надані кафедрою мікробіології, вірусології та біотехнології ДНУ імені Олеся Гончара, включали грамнегативні (*Klebsiella pneumoniae* B920) і грампозитивні (клінічний штам *Staphylococcus epidermidis*) бактерії та клінічний штам диплоїдного грибка *Candida albicans*. Чашки Петрі, що містили м'ясо-пептонний агар (МРА), засівали суспензією мікроорганізмів із 10^9 КУЕ/мл (колоніє-утворювальні одиниці). Стерильні паперові диски (діаметром 6 мм) просочували рослинними екстрактами і поміщали на поверхню агару, після чого чашки інкубували протягом 24 годин при 37 °С. Антибактеріальну активність виражали як діаметр (мм) зони інгібування росту колоній мікроорганізмів без урахування діаметру паперових дисків. Як референтні речовини слугували антибіотики офлоксацин (5 мкг/диск) і флуконазол (25 мкг/диск).

Актуальну кислотність (pH) ґрунтових водних витяжок (співвідношення ґрунту до дистильованої води 1 : 5 за масою) вимірювали потенціометричним методом [13] після ресуспендування зразків протягом 1 години. Засолення ґрунту визначали у водних витяжках (співвідношення ґрунту до води дистильованої 1 : 5 за масою) кондуктометричним методом [14] шляхом визначення електропровідності витяжок.

За результатами дослідження було встановлено значну неоднорідність фізико-хімічних показників ґрунту в межах обстеженої території ботанічного саду (табл. 1).

Таблиця 1

Фізико-хімічна характеристика ґрунтів Ботанічного саду ДНУ імені Олеся Гончара, на яких ростуть рослини роду *Sorbus* L. (n = 9; x ± SD)

Вид рослин на ділянці	Уміст гумусу, %	pH водного ґрунтового розчину	Засолення, %
S. domestica	$3{,}86 \pm 0{,}12^{a}$	$7{,}73 \pm 0{,}10^{a}$	$0{,}810 \pm 0{,}010^{a}$
S. latifolia	$3{,}74 \pm 0{,}16^{a}$	$7{,}13 \pm 0{,}06^{b}$	$0{,}620 \pm 0{,}010^{b}$
S. hybrida	$4{,}67 \pm 0{,}21^{b}$	$7{,}78 \pm 0{,}07^{ca}$	$0{,}434 \pm 0{,}006^{c}$
S. torminalis	$3{,}62 \pm 0{,}12^{ca}$	$7{,}57 \pm 0{,}07^{d}$	$0{,}760 \pm 0{,}007^{d}$
S. intermedia	$4{,}54 \pm 0{,}15^{db}$	$7{,}48 \pm 0{,}06^{d}$	$0{,}890 \pm 0{,}010^{e}$
S. aria	$3{,}59 \pm 0{,}13^{ea}$	$7{,}29 \pm 0{,}05^{e}$	$0{,}700 \pm 0{,}012^{f}$
S. aucuparia	$3{,}18 \pm 0{,}11^{f}$	$7{,}36 \pm 0{,}04^{e}$	$0{,}620 \pm 0{,}012^{gb}$

Примітка. Різні літери в стовпчику для кожного виду рослин вказують на статистично значущі відмінності середніх значень за критерієм Тьюкі ($P < 0{,}05$).

Актуальні показники середніх температур повітря та кількості опадів упродовж періоду дозрівання плодів горобини (липень – вересень) визначали за даними доступних ресурсів. Отримані дані свідчать про помітне зростання температури повітря на фоні різкого зниження кількості опадів упродовж досліджуваного часового інтервалу в період 2022–2024 років (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка середньомісячних показників температури повітря та кількості опадів на території міста Дніпро впродовж 2022–2024 років

Місяць	2022 рік		2023 рік		2024 рік	
	Т, ºС	Опади, мм	Т, ºС	Опади, мм	Т, ºС	Опади, мм
Липень	22,4	36,2	23,1	41,1	26,8	44,7
Серпень	24,5	45,8	24,3	29,0	24,5	1,6
Вересень	15,0	19,0	19,3	13,4	21,4	12,5
За період	20,6	101,0	22,2	83,5	24,2	58,8

Усі вимірювання проводили щонайменше у триразовому повторенні. Результати були статистично опрацьовані за допомогою програмного пакета Microsoft Excel XP 2007 і виражені як середнє ± стандартне відхилення (M ± SD).

Середні значення вибірок порівнювали за критерієм Тьюкі (Honestly Significant Difference test; Tukey's HSD test), який розраховували в комп'ютерному пакеті прикладних статистичних програм Statgraphics Centurion XV Version 15.1.02. Відмінності середніх значень вибірок вважали статистично значущими при P < 0,05.

Результати та їх обговорення

Середня маса сухих плодів досліджених рослин горобини мала чітко виражену видову специфічність, при цьому показники плодів усіх рослин варіювали впродовж трьох років проведення досліджень у бік як збільшення, так і зменшення (табл. 3).

Таблиця 3

Характеристика плодів рослин роду *Sorbus* L. із Ботанічного саду ДНУ імені Олеся Гончара (n = 30, x ± SD)

Вид рослин	2022 рік		2023 рік		2024 рік	
	Маса сухих плодів, г	Воло-гість, %	Маса сухих плодів, г	Воло-гість, %	Маса сухих плодів, г	Воло-гість, %
S. domestica	5,83 ± 0,82[a]	20,1	5,14 ± 0,86[a]	18,0	1,50 ± 0,38[b]	53,4
S. latifolia	1,17 ± 0,18[a]	32,9	1,10 ± 0,10[a]	31,1	0,93 ± 0,16[a]	33,2
S. hybrida	0,27 ± 0,05[a]	65,9	0,26 ± 0,06[a]	64,6	0,30 ± 0,05[a]	49,2
S. torminalis	0,55 ± 0,07[a]	42,5	0,52 ± 0,05[a]	41,3	0,69 ± 0,11[b]	39,5
S. intermedia	0,13 ± 0,03[a]	63,9	0,10 ± 0,01[a]	62,4	*	*
S. aria	0,26 ± 0,04[a]	66,3	0,25 ± 0,04[a]	64,6	0,33 ± 0,06[a]	49,9
S. aucuparia	0,15 ± 0,03[a]	72,1	0,13 ± 0,02[a]	70,3	0,17 ± 0,03[a]	55,7

Примітка. Різні літери в рядку вказують на статистично значущі відмінності середніх значень за роки досліджень за критерієм Тьюкі (P < 0,05). *Плоди *S. intermedia* в період дозрівання в 2024 році були втрачені рослинами.

Найбільше зменшення сухої маси виявлено у плодів *S. domestica* в 2024 році порівняно з 2022 роком (у 3,9 разу; P < 0,05). У плодів рослин *S. torminalis*, навпаки, виявлено достовірне збільшення (у 1,3 разу) сухої маси в 2024 році, порівняно з 2022 роком. Зважаючи на суттєву різницю температурного режиму і обсягу опадів упродовж липня – вересня в 2022 – 2024 роках (табл. 2), можна дійти висновку про видо-специфічну залежність процесів формування і достигання плодів рослин горобини, у тому числі їх морфометричних показників, від погодно-кліматичних умов.

Уміст вологи в плодах горобини також помітно змінювався в роки дослідження, від більш високого у 2022 році (усереднений показник становив 51,95 %), середнього у 2023 році (50,30 %) до найменшого в 2024 році (усереднений показник сягав 46,83 %). Найменші зміни вологості упродовж 2022–2024 років були виявлені в плодах рослин *S. torminalis* і *S. latifolia*. Вологість плодів рослин *S. hybrida, S. aria* і *S. aucuparia* зменшувалась зі зростанням посушливості впродовж періоду достигання плодів у 2022–2024 роках, тоді як вологість плодів *S. domestica* виявилась більш високою за посушливих умов.

Загалом у роки проведення досліджень середня маса сухих плодів різних видів горобини варіювала від 0,10 ± 0,03 г (плоди *S. intermedia* в 2023 році) до 5,83 ± 0,82 г (плоди *S. domestica* в 2022 році). Отримані результати

узгоджуються з даними [30] про варіювання маси плодів в інтервалі від 5,42 до 12,54 г у різних генотипів виду *Sorbus domestica*, природних для Туреччини.

Накопичення фенольних сполук у плодах рослин роду *Sorbus* також було залежним від температурного режиму і зволоження в роки проведення досліджень (табл. 4).

Таблиця 4

Уміст фенольних сполук у плодах рослин роду *Sorbus* L. із Ботанічного саду ДНУ імені Олеся Гончара (n = 3, x ± SD)

Вид рослин	2022 рік		2023 рік		2024 рік	
	Уміст поліфе-нолів, мг/г	Уміст флаво-ноїдів, мг/г	Уміст поліфе-нолів, мг/г	Уміст флаво-ноїдів, мг/г	Уміст поліфе-нолів, мг/г	Уміст флаво-ноїдів, мг/г
S. domestica	$2,3 \pm 0,13^a$	$0,7 \pm 0,03^a$	$2,8 \pm 0,12^b$	$0,4 \pm 0,08^b$	$1,8 \pm 0,10^c$	$0,2 \pm 0,01^c$
S. latifolia	$3,6 \pm 0,11^a$	$1,3 \pm 0,12^a$	$3,2 \pm 0,15^b$	$1,4 \pm 0,11^a$	$3,2 \pm 0,12^b$	$0,3 \pm 0,10^b$
S. hybrida	$8,6 \pm 0,30^a$	$3,2 \pm 0,21^a$	$8,5 \pm 0,35^a$	$2,0 \pm 0,12^b$	$4,3 \pm 0,16^b$	$0,9 \pm 0,21^c$
S. torminalis	$3,6 \pm 0,12^a$	$1,1 \pm 0,13^a$	$3,4 \pm 0,10^a$	$1,1 \pm 0,10^a$	$3,0 \pm 0,11^b$	$0,3 \pm 0,08^b$
S. intermedia	$7,7 \pm 0,33^a$	$1,3 \pm 0,10^a$	$7,9 \pm 0,31^a$	$1,2 \pm 0,09^a$	*	*
S. aria	$5,7 \pm 0,24^a$	$1,6 \pm 0,15^a$	$6,0 \pm 0,21^a$	$1,5 \pm 0,10^a$	$2,8 \pm 0,03^b$	$0,9 \pm 0,09^b$
S. aucuparia	$5,2 \pm 0,26^a$	$3,0 \pm 0,13^a$	$5,0 \pm 0,20^a$	$2,7 \pm 0,08^b$	$3,3 \pm 0,10^b$	$0,7 \pm 0,23^c$

Примітка. Різні літери в рядку (відповідно для вмісту поліфенолів і флавоноїдів) вказують на статистично значущі відмінності середніх значень за критерієм Тьюкі ($P < 0,05$). *Плоди *S. intermedia* в період дозрівання в 2024 році були втрачені рослинами.

Отримані дані щодо вмісту фенольних сполук у плодах *S. aucuparia* за 2022 рік збігаються з рівнем 5717,74 мкг ГК/г [2], що був визначений в ізопропанолових екстрактах сухих плодів. У плодах різних сортів *S. aucuparia*, культивованих у Фінляндії, загальний уміст поліфенолів варіював у межах від 550,0 до 1014,0 мг ГК/100 г [15], що узгоджується з нашими результатами.

Уміст поліфенолів на рівні 1,11 мг ГК/г та флавоноїдів 430 мкг/г, визначені в етанолових екстрактах плодів культивованих у Румунії сортів *S. aucuparia* [9], значно нижчі за встановлені нами показники. У плодах *S. aria*, за даними [31], загальний уміст фенольних сполук був 7,02 ± 0,02 мг ГК/г, що ненабагато перевищує наші результати, тоді як визначений авторами вміст флавоноїдів 0,92 ± 0,03 мг рутину/г був значно нижчим.

Плоди всіх рослин горобини, зібрані в 2024 році, акумулювали найменший уміст поліфенолів і флавоноїдів за три роки досліджень. Найменше зниження вмісту суми фенольних сполук зареєстровано для плодів рослин *S. latifolia* і *S. torminalis* (на 13 і 20 % нижче максимальних показників у 2022 році відповідно). У плодах рослин *S. domestica* і *S. aucuparia* вміст поліфенолів зменшився в 1,6 разу, тоді як у плодах рослин *S. hybrida* і *S. aria* виявлено дворазове зниження накопичення поліфенолів.

Акумуляція флавоноїдів у плодах усіх рослин у надзвичайно посушливому 2024 році відбувалась на найнижчому рівні за роки досліджень. Порівняно з найвищими показниками в попередні роки, уміст флавоноїдів зменшився найбільш суттєво в плодах рослин *S. latifolia* (у 4,7 разу), *S. aucuparia* (у 4,3 разу) і *S. torminalis* (у 3,7 разу). Накопичення флавоноїдів в плодах рослин

S. domestica і *S. hybrida* знижувалось у 3,5 разу, тоді як у плодах рослин *S. aria* всього в 1,8 разу.

Антимікробна активність екстрактів плодів рослин горобини, досліджена диск-дифузним методом, мала широкий спектр і була виявлена проти грам-негативних і грампозитивних бактерій та проти диплоїдного грибка *Candida albicans* (рис. 1).

а *б* *в*

Рис. 1. Антимікробна активність етанолових екстрактів плодів горобини:
1 – *S. domestica*, 2 – *S. latifolia*, 3 – *S. hybrida*, 4 – *S. torminalis*, 5 – *S. intermedia*, 6 – *S. aria*, 7 – *S. aucuparia*, 8 – антибіотик;
а – *K. pneumoniae*; *б* – *St. epidermidis* (клінічний); *в* – *C. albicans* (клінічний)

Антибактеріальна і протигрибкова активність етанолових екстрактів плодів рослин горобини характеризувалась значною видоспецифічністю (табл. 5).

Таблиця 5

Антимікробна активність екстрактів плодів рослин роду *Sorbus* L. із Ботанічного саду ДНУ імені Олеся Гончара (n = 3, x ± SD)

Вид рослин	Діаметр (мм) зони інгібування (n = 3, x ± SD)		
	K. pneumoniae	*St. epidermidis*	*C. albicans*
S. domestica	11,9 ± 0,37[a]	5,8 ± 0,10[a]	7,3 ± 0,14[a]
S. latifolia	8,8 ± 0,17[b]	6,5 ± 0,13[b]	10,8 ± 0,31[b]
S. hybrida	8,0 ± 0,21[c]	6,4 ± 0,11[b]	13,2 ± 0,36[c]
S. torminalis	12,7 ± 0,34[d]	5,9 ± 0,10[ca]	8,9 ± 0,21[d]
S. intermedia	5,6 ± 0,11[e]	НА	12,4 ± 0,37[e]
S. aria	8,4 ± 0,13[f]	4,2 ± 0,10[d]	11,0 ± 0,28[fb]
S. aucuparia	11,3 ± 0,33[ga]	6,6 ± 0,11[eb]	8,5 ± 0,13[g]
Антибіотик	12,9 ± 0,38[hd]	НА	НА

Примітка. Різні літери в стовпчику вказують на статистично значущі відмінності середніх значень за критерієм Тьюкі (P < 0,05). НА – немає активності.

Найбільша активність проти *K. pneumoniae* була досягнута екстрактами плодів рослин *S. domestica* і *S. aucuparia* (майже 90–98 % від активності офлоксацину). Ріст колоній *St. epidermidis* найкраще пригнічували екстракти плодів *S. aucuparia*, *S. latifolia* і *S. hybrida*, що відбувалось на фоні відсутності активності офлоксацину. Ріст патогенного грибка *C. albicans*, стійкого до флуконазолу, інгібувався екстрактами плодів усіх рослин горобини, найбільше *S. intermedia*, *S. hybrida*, *S. aria*.

Результати проведених нами досліджень збігаються з даними [9] про значну активність етанолових екстрактів плодів культивованих у Румунії сортів *S. aucuparia* як проти грампозитивних бактерій (чутливого до метициліну штаму *St. aureus*, резистентного до метициліну *St. aureus* і *Enterococcus faecalis*), так і проти грамнегативних бактерій *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*. Виявлена нами висока активність екстрактів плодів горобини проти клінічного штаму *C. albicans* має важливе значення в характеристиці антимікробних властивостей плодів, оскільки патогенний грибок мав клінічне походження і демонстрував стійкість до референтного антибіотика флуконазолу.

Висновки

Рослини роду *Sorbus* L. виявили різну толерантність до несприятливих умов степового клімату під час формування і достигання плодів у період 2022–2024 рр. Посушливі і спекотні умови в 2024 році найгірше позначились на рослинах *S. intermedia*, які втратили значну частину плодів. Рослини *S. domestica* за несприятливих погодно-кліматичних умов 2024 року сформували плоди з найменшою сухою масою за роки досліджень, тоді як плоди рослин *S. torminalis* у цьому році мали найбільшу суху масу.

Рослини виду *S. aucuparia* та природних гібридів *S. latifolia* і *S. hybrida* показали найменші зміни морфометричних показників плодів на фоні зростання температури повітря та зменшення кількості опадів упродовж періоду дослідження 2022–2024 рр., тому можуть бути рекомендовані для створення стійких фітоценозів, здатних зберігати продуктивність за умов посилення рис аридності степового клімату. Накопичення високого вмісту фенольних сполук підтверджує характеристику плодів рослин горобини як цінного природного ресурсу для отримання біологічно активних речовин.

Широкий спектр антибактеріальної та протигрибкової активності рослинних екстрактів, виявлений як проти музейних, так і проти стійких до антибіотиків клінічних мікробних штамів, засвідчив високий антимікробний потенціал плодів рослин роду *Sorbus* L., який потребує подальших досліджень.

Бібліографічні посилання

1. ***Іванько, І. А., Кабар, А. М., Голобородько, К. К., Дідур, О. О.*** (2024). Мікрокліматичні ефекти насаджень інтродукованих деревних видів у міському середовищі. Екологія та ноосферологія, 35(1), 22–27.

2. ***Маркін, О. М., Криворучко, О. В.*** (2020). Визначення фенольних сполук у горобини плодах. Медична та клінічна хімія, 22(3), 68–73.

3. ***Мельниченко, Н. В.*** (2008). Критико-систематичний аналіз роду *Sorbus* L. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова, 20(2), 11–15.

4. ***Опанасенко, В. Ф., Зайцева, І. О.*** Путівник по ботанічному саду ДНУ. Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2008. 112 с.

5. ***Товчига, О. В., Маркін, О. М., Штриголь, С. Ю., Криворучко, О. В.*** (2020). Дослідження хімічного складу екстрактів листя горобини звичайної та їх впливу на обмін глюкози і видільну функцію нирок у щурів. Клінічна фармація, 24(1), 26–34.

6. ***Федорончук, М. М.*** (2022). Чекліст флори України. 4: родина Rosaceae (Rosales, Angiosperms). Чорноморський ботанічний журнал, 18(4), 305–349.

7. ***Álvarez-Martínez F. J., Barrajón-Catalán E., Herranz-López M., & Micol V.*** (2021). Antibacterial plant compounds, extracts and essential oils: An updated review on their effects and putative mechanisms of action. Phytomedicine, 90, 153626.

8. ***Arvinte, O. M., Senila, L., Becze, A., & Amariei, S.*** (2023). Rowanberry – A Source of Bioactive Compounds and Their Biopharmaceutical Properties. Plants (Basel), 12(18), 3225.

9. ***Aurori, M., Niculae, M., Hanganu, D., Pall, E., Cenariu, M., Vodnar, D. C., Fiţ, N., & Andrei, S.*** (2024). The Antioxidant, Antibacterial and Cell-Protective Properties of Bioactive Compounds Extracted from Rowanberry (Sorbus aucuparia L.) Fruits In Vitro. Plants, 13(4), 538.

10. ***Bailie, A., Renaut, S., Ubalijoro, E., Guerrero-Analco, J.A., Saleem, A., Haddad, P., Arnason, J. T., Johns, T., & Cuerrier, A.*** (2016). Phytogeographic and genetic variation in Sorbus, a traditional antidiabetic medicine – adaptation in action in both a plant and a discipline. Peer J. 2016, 2, e2645.

11. ***Bertram, C., & Rehdanz, K.*** (2015). The role of urban green space for human well-being. Ecological Economics, 120, 139–152.

12. EUCAST Disk Diffusion Method for Antimicrobial Susceptibility Testing - Version 5.0 (January 2015). http://www.eucast.org/

13. ***Faria, M., Bertocco, T., Barroso, A., Carvalho, M., Fonseca, F., Delerue Matos, C., Figueiredo, T., Sequeira Braga, A., Valente, T., & Jiménez-Ballesta, R.*** (2023). A comparison of analytical methods for the determination of soil pH: case study on burned soils in Northern Portugal. Fire, 6(6), 227.

14. ***Hardie, M., & Doyle, R.*** (2012). Measuring soil salinity. Methods in molecular biology, 913, 415–425.

15. ***Hukkanen A. T., Pölönen S. S., Kärenlampi S. O., & Kokko H. I.*** (2006). Antioxidant capacity and phenolic content of sweet rowanberries. Journal of Agricultural Food Chemistry, 54(1), 112–119.

16. ***Jin, S., Kim, K. C., Kim, J. S., Jang, K. I., & Hyun, T. K.*** (2020). Anti-melanoma activities and phytochemical compositions of sorbus commixta fruit extracts. Plants (Basel), 9(9), 1076.

17. ***Khromykh, N. O., Sklyar, T. V., & Liashenko, O. V.*** (2024). Antimicrobial potential of bark extracts of the genus Sorbus plants. Ukrainian Journal of Natural Sciences, 8, 7–13.

18. ***Küpeli Akkol, E., Gürağaç Dereli, F.T., Taştan, H., Sobarzo-Sánchez, E., & Khan, H.*** (2020). Effect of Sorbus domestica and its active constituents in an experimental model of colitis rats induced by acetic acid. Journal of Ethnopharmacology, 251, 112521.

19. ***Liashenko, O. V., Khromykh, N. O., & Lykholat, Y. V.*** (2023). Resource potential of the genus Sorbus L. plants as source of metabolites with anti-inflammatory activity. Екологічні науки, 6 (51), 113–116.

20. ***Liu, W., Li, H., Xu, H., Zhang, X., & Xie, Y.*** (2023). Spatiotemporal distribution and driving factors of regional green spaces during rapid urbanization in Nanjing metropolitan area, China. Ecological Indicators, 148, 110058.

21. ***Lykholat, Y. V., Didur, O. O., Khromykh, N. O., Davydov, V. R., Borodai, Y. S., Kravchuk, K. V., & Lykholat, T. Y.*** (2021). Comparative analysis of the antioxidant capacity and secondary metabolites accumulation in the fruits of rowan (Sorbus aucuparia L.) and some closely related species. Ecology and Noospherology, 32(1), 38.

22. ***Lykholat, Y. V., Liashenko O.V., & Khromykh, N. O.*** (2023). Phytochemical study of leaves and inflorescences of two genus Sorbus L. species native for the Ukrainian flora. Ecology and Noospherology, 34(1), 19–22.

23. ***Pękal, A., & Pyrzynska, K.*** (2014). Evaluation of aluminum complexation reaction for flavonoid content assay. Food Analytical Methods, 7, 1776–1782.

24. ***Pranskuniene, Z., Ratkeviciute,K., Simaitiene, Z., Pranskunas, A., & Bernatoniene, J.*** (2019). Ethnobotanical study of cultivated plants in Kaisˇiadorys District, Lithuania: possible trends for new herbal-based medicines. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2019. ID 3940397.

25. ***Rutkowska, M., Owczarek, A., Kolodziejczyk-Czepas, J., Michel, P., Piotrowska, D. G., Kapusta, P., Nowak, P., & Olszewska, M. A.*** (2019). Identification of bioactivity markers of Sorbus domestica leaves in chromatographic, spectroscopic and biological capacity tests: Application for the quality control. Phytochemical Letters, 30, 278–287.

26. ***Sak, K., Jürisoo, K., & Raal, A.*** (2014). Estonian folk traditional experiences on natural anticancer remedies: From past to the future. Pharmaceutical Biology, 52(7), 855–866.

27. ***Sarv, V., Venskutonis, P. R., & Bhat, R.*** (2020). The Sorbus spp. – Underutilised Plants for Foods and Nutraceuticals: Review on Polyphenolic Phytochemicals and Antioxidant Potential. Antioxidants (Basel), 9(9), 813.

28. ***Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. M.*** (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, 299, 152–178.

29. ***Sołtys, A., Galanty, A. & Podolak, I.*** (2020). Ethnopharmacologically important but underestimated genus Sorbus: a comprehensive review. Phytochemistry Reviews, 19, 491–526.

30. ***Tas, A., Gundogdu, M., Ercisli, S., Orman, E., Celik, K., Marc, R. A., Buckova, M., Adamkova, A., & Micek, J.*** (2023). Fruit Quality Characteristics of Service Tree (Sorbus domestica L.) Genotypes. ACS Omega, 8(22), 19862–19873.

31. ***Tahirovic, A., Mehic, E., Kjosevski, N., & Bašic, N.*** (2019). Phenolics content and antioxidant activity of three Sorbus species. Bulletin of Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina, 53, 15–21.

32. ***Zymone, K., Raudone, L., Žvikas, V., Jakštas, V., & Janulis, V.*** (2022). Phytoprofiling of Sorbus L. Inflorescences: A Valuable and Promising Resource for Phenolics. Plants (Basel), 11(24), 3421.

Надійшла до редколегії 23.11.2024 р.