

ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ ВЗАЄМОДІЙ МІЖ ПРЕДСТАВНИКАМИ ВІДДІЛУ МОХОПОДІБНІ ТА ПАТОГЕННИМИ ЛЕПТОСПІРАМИ В УМОВАХ ПЕРЕЗВОЛОЖЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

Гулай В.В.

Центральноукраїнський національний технічний університет
пр. Університетський, 8, 25006, м. Кропивницький
vit.gulay@gmail.com

У статті представлені результати вивчення екологічних взаємовідносин представників відділу Мохоподібні з патогенними лептоспірами (*Leptospira interrogans*) серологічного варіанту *Icterohaemorrhagiae*. Актуальність роботи зумовлена недостатньою вивченістю екології збудника лептоспірозу та факторів, що визначають тривалість його збереження у природних водно-болотних екосистемах. Метою дослідження було оцінити вплив прижиттєвих виділень та продуктів розкладу двох видів мохів, а саме дрепанокладуса гачкуватозігнутого (*Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst.) та дрепанокладуса Зентднера (*Drepanocladus sendtneri* (Schimp. ex H. Müll.) Warnst.) на культури патогенних лептоспір *in vitro*. В лабораторних умовах отримано змиви з листків та відмерлих залишків, а також дифузати з ризоїдів зазначених видів мохів. Щільність популяцій *L. interrogans* визначали методом прямого підрахунку клітин після 24-годинної експозиції. Рослинний матеріал відбирали на перезволожених ділянках заплави р. Інгул у околицях с. Велика Северинка Кропивницького району Кіровоградської області. Алелопатична активність рослин відносно патогенних лептоспір випробовувалась у розведенні 1:1000.

Встановлено, що всі досліджені рослинні виділення проявляли пригнічуючий вплив на культури патогенних лептоспір. Найбільш виражений ефект для *D. aduncus* спостерігався під дією листових змивів, тоді як для *D. sendtneri* – ризоїдних виділень. Продукти розкладу відмерлих рослин також знижували щільність культур, однак їх дія була менш вираженою порівняно з прижиттєвими виділеннями. Отримані результати свідчать про наявність у досліджених видів мохів біологічно активних речовин, здатних пригнічувати розвиток патогенних лептоспір. Це дає підстави розглядати зазначені рослини як перспективний компонент природних механізмів самоочищення водно-болотних екосистем та потенційний об'єкт для розроблення екологічно безпечних підходів до санації природних і антропогенно трансформованих перезволожених територій від збудників лептоспірозу. **Ключові слова:** мохи, дрепанокладус гачкуватозігнутий, дрепанокладус Зентднера, патогенні лептоспіри, прижиттєві виділення, продукти розкладу.

Peculiarity of ecological interactions among representatives of Bryophyta and pathogenic leptospires in the conditions of wetlands territories. Hulai V.

The article presents the results of a study on the ecological interactions between representatives of the division Bryophyta and pathogenic leptospires *Leptospira interrogans* serovar *Icterohaemorrhagiae*. The relevance of the study is determined by the insufficient knowledge of the ecology of the causative agent of leptospirosis and the environmental factors affecting its persistence in natural wetland ecosystems. The aim of the study was to evaluate the effects of living exudates and decomposition products of two moss species, *Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst. and *Drepanocladus sendtneri* (Schimp. ex H. Müll.) Warnst., on cultures of pathogenic leptospires *in vitro*. Under laboratory conditions, leaf washings, rhizoid diffusates, and aqueous extracts of decomposed plant residues were prepared from the studied moss species. Plant material was collected from waterlogged sites in the floodplain of the Inhul River near the village of Velyka Severynka, Kropyvnytskyi District, Kirovohrad Region, Ukraine. The allelopathic activity of the moss extracts against pathogenic leptospires was evaluated at a dilution of 1:1000. The density of *L. interrogans* populations was determined by direct cell counting after 24 hours of incubation. All tested plant extracts exhibited an inhibitory effect on pathogenic leptospiral cultures. The strongest inhibitory activity of *D. aduncus* was observed for leaf washings, whereas rhizoid diffusates showed the highest activity in *D. sendtneri*. Extracts obtained from decomposed plant material also reduced leptospiral population density, although their effect was less pronounced than that of living plant exudates. The obtained results indicate the presence of biologically active compounds in the studied moss species capable of suppressing the growth of pathogenic leptospires. These findings suggest that the investigated mosses may represent an important component of the natural self-purification mechanisms of wetland ecosystems and may serve as promising sources of biologically active compounds for the development of environmentally safe approaches to the sanitation of natural and anthropogenically transformed waterlogged ecosystems contaminated with leptospirosis pathogens. **Key words:** moss, *Drepanocladus aduncus*, *Drepanocladus sendtneri*, pathogenic leptospires, lifetime secretates, substances of decomposed dead leaves.

Постановка проблеми. Роль мікроорганізмів збудників інфекційних захворювань людей, домашніх, сільськогосподарських та диких видів тварин, які можуть завдавати відчутної шкоди. Одним у природі та практичній діяльності людини є надзвичайно важливою. Особливу групу становлять



з таких видів мікроорганізмів є збудник лептоспірозу *Leptospira interrogans*. Переважно водний шлях передачі цієї інфекції зумовлює необхідність вивчення особливостей екології цього виду мікроорганізмів в умовах перезвожених земель, як однієї з можливих стацій поширення.

Актуальність дослідження. Тривалість перебування збудників лептоспірозу в об'єктах зовнішнього середовища, вивчені недостатньо. У зв'язку з цим актуальним є дослідження особливостей екологічних взаємодій патогенних лептоспир з чисельними представниками біоти, а саме з різноманітними видами рослин, які здатні істотно впливати на формування угруповань водних та ґрунтових мікроорганізмів. Біохімічні речовини виділені рослинами в навколишнє середовище можуть як стимулювати, так і пригнічувати розвиток окремих груп мікроорганізмів або не проявляти вираженої дії.

Серед значної кількості мохів, що зростають в умовах західного Лісостепу України фоновими видами є дрепанокладус гачкуватозігнутий (*Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst.) та дрепанокладус Зентднера (*Drepanocladus sendtneri* (Schimp. ex H. Müll.) Warnst.) [3].

Нами поставлено мету з'ясувати та оцінити вплив на популяції *L. interrogans* прижиттєвих виділень, а також продуктів розкладу залишків вказаних видів мохів.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Результати досліджень були частиною науково-дослідної роботи Інституту ветеринарної медицини НААН України за державним завданням № 0106U000385 "Вивчити біоценотичні зв'язки патогенних лептоспир в навколишньому середовищі, особливості перебігу лептоспірозу в сучасних умовах ведення тваринництва та розробити інтегральну систему захисту тварин від лептоспірозу"

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Випадки захворювання на лептоспіроз реєструються на усіх континентах, окрім Антарктиди. Щороку випадки захворювання реєструють понад у 1 млн. осіб, з них близько 60 тис. становлять летальні наслідки. Патогенні лептоспири здатні паразитувати не лише в людському організмі, але й у диких та свійських тваринах, що належать до різних систематичних груп. Також тварини можуть бути природними резервуарами збудника захворювання, забезпечуючи його збереження та поширення. Попри значну кількість досліджень екології лептоспир у різних регіонах світу [4–7], інформація щодо їхніх взаємодій із рослинними компонентами водно-болотних екосистем залишається обмеженою.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.

Найбільш недостатньо вивченими є природно-вогнищеві особливості лептоспірозу, що усклад-

нює або, інколи, унеможливорює здійснення загальних оздоровчих заходів на значних територіях держави.

Новизна. В результаті проведених досліджень виявлено закономірності впливу біохімічних виділень типових представників фітоценозів боліт та перезвожених земель, а саме мохів видів дрепанокладус гачкуватозігнутий (*D. aduncus* (Hedw.) Warnst.) та дрепанокладус Зентднера (*D. sendtneri* (Schimp. ex H. Müll.) Warnst.) на культури патогенних лептоспир серовару *Icterohaemorrhagiae*. Встановлено негативну реакцію спирохет на змиви з листків та ризоїдів зазначених видів мохів та речовин, що отримані з їх відмерлих решток.

Матеріали та методи досліджень.

Досліджували вплив продуктів розкладу та прижиттєвих виділень дрепанокладусів гачкуватозігнутого та Зентднера на культури спирохет *Leptospira interrogans* серовару *Icterohaemorrhagiae*.

Рослини для досліджень відбирали з природних стацій зростання – перезвожених земель у заплаві р. Інгул в околицях с. Велика Северинка Кропивницького району Кіровоградської області.

Змиви з листків живих мохів одержували імітацією невеликого дощу. Виділення з ризоїдів отримували з відібраних екземплярів мохів, які утримували у скляних ємностях з водою для загоювання пошкоджених ділянок коренів. За умов природної зміни температури та коливань освітленості рослини утримувались впродовж 5 діб. Після цього відбирали проби розчину для біотестування [1].

Після завершення вегетації відмерлі залишки збирались у природних умовах. В лабораторії до наважки взятого при природній вологості матеріалу додавали дистильовану воду у співвідношенні 1:10 за масою. Екстрагований матеріал не подрібнювався і зберігався при температурах +12...+16°C. Через 5 діб з ємності відбирались проби для проведення біотестів [4].

У експериментах використовували культури музейних штамів *L. interrogans* серовару *Icterohaemorrhagiae*. При відборі культур основна увага приділялась відсутності явищ самоаглютинації та лізису клітин, а також достатній кількості лептоспир в середовищі – в межах $3 - 10 \times 10^6$ /см³ [2].

Щільність популяцій *L. interrogans* у дослідних та контрольних зразках визначали методом прямого підрахунку лептоспир у певному об'ємі.

Для проведення експериментальних досліджень з метою встановлення характеру і ступеня впливу прижиттєвих виділень та продуктів розкладу вегетативних частин мохів на *L. interrogans* формувались дві групи зразків: дослідні та контрольні. Дослідні зразки містили 0,4 мл стерильного розведеного розчину з біологічно-активними виділеннями рослин в який вносили 0,1 мл культур патогенних лептоспир. Контрольні зразки містили аналогічні співвідношення стерильної дистильованої води та культур

лептоспир. Для усунення сторонньої мікрофлори проводилась холодна стерилізація змивів та водних витяжок рослин методом фільтрації через целюлозні фільтри з діаметром пор $\leq 0,2$ мкм.

Алелопатична активність рослин відносно патогенних лептоспир випробовувалась нами у розведенні 1:1000.

Інокуляти культур спірохет відбирались з однієї «материнської» культури, що забезпечувало однаковий початковий вміст спірохет у досліді та контролі. Зберігались зразки при кімнатній температурі $+18...+22^{\circ}\text{C}$ в умовах лабораторії. Через 24 години визначався та порівнювався вміст спірохет у піддослідних групах зразків. В процесі аналізу та інтерпретації результатів досліджень використовували критерії оцінки характеру та ступеня впливу рослинності на патогенних лептоспир [2].

Результати досліджень та їх обговорення.

Аналіз даних одержаних в результаті проведених досліджень дає підставу стверджувати, що прижиттєві виділення та продукти розкладу відмерлих частин обох видів мохів здійснюють пригнічуючий вплив на популяції *L. interrogans* (табл. 1, 2).

В найбільшій мірі пригнічення культур патогенних лептоспир спостерігалось в результаті впливу листових змивів д. гачкуватозігнутого – щільність популяції спірохет у дослідних зразках становила 52,8% від контролю (100%), в той час як ризоїдні

дифузати проявляли дещо менший вплив – 68,7%. Речовини отримані з відмерлих решток зазначеного виду мохів зменшили початкову щільність мікроорганізмів до 74,7% від контрольної.

Ризоїдні дифузати д. Зентднера також негативно впливали на патогенних лептоспир. Аналіз результатів експерименту дозволяє стверджувати, що щільність культури становила 61,4% від контролю. Листкові змиви цього виду мохів проявляли пригнічуючий вплив на спірохет, в дещо меншій мірі, ніж ризоїдні дифузати і щільність культури зменшилася до 70,6% від контрольної. Щодо речовин, які були отримані з відмерлих залишків д. Зентднера, то вони в найменшій мірі пригнічували культури патогенних лептоспир, щільність яких становила відповідно 72,3% від контролю [Рис. 1].

Головні висновки. Встановлено, що отримані прижиттєві виділення мохів видів дрепанокладус гачкуватозігнутий та Зентднера пригнічують помірного ступені *in vitro* культури патогенних лептоспир серологічного варіанту *Icterohaemorrhagiae*. Речовини, що були виділені з відмерлих частин, вказаних видів рослин також проявляли токсичний вплив на спірохет, але в меншому ступені. Ділянки перезвожених земель, на яких ростуть представники зазначених видів мохів є несприятливими для тривалого існування патогенних лептоспир *Leptospira interrogans* серовару *Icterohaemorrhagiae*.

Таблиця 1

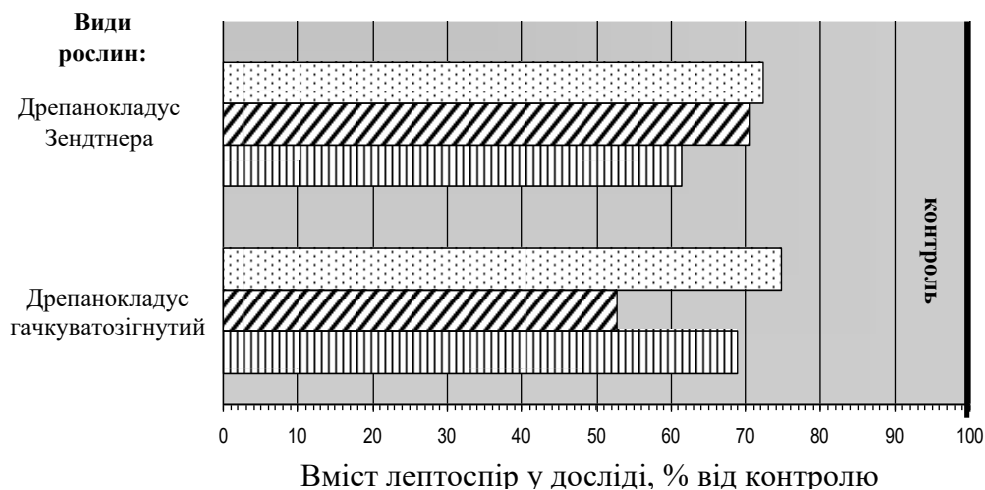
Вплив виділень дрепанокладуса гачкуватозігнутого на культури патогенних лептоспир серотипу *Icterohaemorrhagiae* ($P<0,001$)

Статистичні показники	Щільність культури патогенних лептоспир, млн. кл / мл					
	кореневі виділення		листові змиви		опад	
	дослід	контроль	дослід	контроль	дослід	контроль
1	21,5	35,0	25,5	38,5	21,5	49,5
2	24,0	33,5	23,5	26,5	22,5	46,5
3	25,0	40,0	22,0	37,5	24,0	44,0
4	22,5	41,0	25,0	27,0	26,5	43,5
5	24,0	38,0	18,0	27,5	23,0	39,5
6	15,5	31,0	21,5	39,5	35,0	42,5
7	18,5	29,5	25,5	40,0	32,5	36,5
8	15,0	27,5	26,0	36,0	35,0	33,5
9	16,0	27,0	15,5	41,0	38,0	30,0
10	19,5	32,5	18,0	36,0	33,5	34,5
11	28,0	33,0	13,5	42,5	36,0	51,5
12	24,5	35,0	16,0	39,0	39,5	53,0
13	31,5	33,0	12,5	36,5	35,0	48,0
14	25,0	27,0	13,5	38,5	37,5	45,5
15	29,0	29,0	11,0	37,0	38,5	42,0
M	22,6	32,8	19,1	36,2	31,9	42,7
σ	5,0	4,5	5,3	5,1	6,5	6,8
m	1,3	1,2	1,4	1,4	1,7	1,8
t	5,8		8,6		4,4	

Таблиця 2

**Вплив виділень дрепанокладуса Зентднера на культури патогенних лептоспир
серотипу Icterohaemorrhagiae (P<0,001)**

Щільність культури патогенних лептоспир, млн. кл / мл						
Статистичні показники	кореневі виділення		листякові змиви		опад	
	дослід	контроль	дослід	контроль	дослід	контроль
1	26,0	29,5	23,0	27,5	8,0	20,0
2	21,5	32,0	27,5	25,5	6,5	18,5
3	18,0	37,0	20,5	35,5	11,5	19,0
4	30,0	33,0	15,5	29,0	13,5	12,0
5	14,5	40,5	33,0	35,5	9,5	22,0
6	19,5	23,0	31,5	30,0	14,0	13,0
7	25,5	39,0	26,0	31,0	12,5	20,0
8	26,0	36,5	22,0	30,5	16,0	18,5
9	15,5	33,5	14,5	29,5	17,0	19,0
10	23,5	42,0	19,0	24,0	14,0	17,0
11	20,5	31,5	21,5	39,0	13,0	20,0
12	19,0	34,5	29,5	37,0	18,0	23,0
13	24,0	39,0	23,0	43,5	16,0	23,0
14	16,5	36,5	21,0	37,5	20,5	20,0
15	22,0	37,0	22,0	40,0	13,0	15,5
M	21,5	35,0	23,3	33,0	13,5	18,7
σ	4,4	4,8	5,4	5,7	2,1	1,9
m	1,2	1,3	1,4	1,5	0,6	0,5
t	7,5		4,7		6,5	



Умовні позначення:



Кореневі



Змиви з відмерлих



Листкові змиви

Рис. 1. Вплив на культури лептоспир біологічно-активних речовин, що продукуються представниками відділу Мохи

Перспективи використання результатів дослідження. Враховуючи виявлені закономірності впливу біохімічних виділень зазначених видів мохів на культури патогенних лептоспир *in vitro*, ці рослини

слід розглядати як перспективні щодо використання в майбутньому у комплексі заходів з санації природних та антропогенно змінених водних та перезволожених екосистем від збудників лептоспірозу.

Література

1. Гродзінський А.М. Основи хімічної взаємодії рослин. К.: Наукова думка, 1973. 205с.
2. Гулай О.В. Вивчення біоценотичних зв'язків лептоспир з водними рослинами: Методичні рекомендації. Дніпропетровськ: ВФК "Оксамит-Прес", 2004. 14с.
3. Бойко М.Ф. Чекліст мохоподібних України. Херсон: Айлант, 2008. 229 с.
4. Cyrille Goarant, Gabriel Trueba, Emilie Bierque, Roman Thibeaux, Benjamin Davis, et al. Leptospira and Leptospirosis. A. Pruden; N. Ashbolt; J. Miller. Water and Sanitation for the 21st Century: Health and Microbiological Aspects of Excreta and Wastewater Management (Global Water Pathogen Project), Michigan State University; UNESCO, 2019, Part 3: Specific Excreted Pathogens: Environmental and Epidemiology Aspects – Section 2: Bacteria, ff10.14321/waterpathogens.26ff. f1hal-03252857
5. Thibeaux R, Girault D, Bierque E, Soupé-Gilbert M-E, Rettinger A, Douyère A, Meyer M, Iraola G, Picardeau M and Goarant C (2018) Biodiversity of Environmental *Leptospira*: Improving Identification and Revisiting the Diagnosis. *Front. Microbiol.* 9:816. doi: 10.3389/fmicb.2018.00816
6. Philip N., Bahtiar Affendy N., Ramli S.N.A., Arif M., Raja P., Nagandran E., Renganathan P., Taib N.M., Masri S.N., Yuhana M.Y., Than L.T.L., Seganathirajah M., Goarant, C., Goris M.G.A., Sekawi Z., Neela V.K. (2020) *Leptospira interrogans* and *Leptospira kirschneri* are the dominant *Leptospira* species causing human leptospirosis in Central Malaysia. *PLoS Negl Trop Dis.* 14(3):e0008197. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008197>
7. Yanagihara, Y. et al. *Leptospira* is an environmental bacterium that grows in waterlogged soil. *Microbiol. Spectr.* 10, e02157–21 (2022). <https://doi.org/10.1128/spectrum.02157-21>

Дата першого надходження статті до видання: 03.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 28.07.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.08.2026