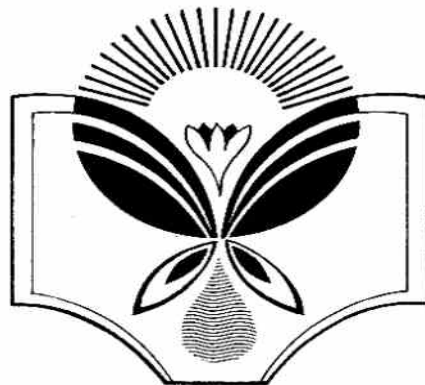




наукові записки

**Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
Серія: Біологія**

**Scientific Issues
Ternopil Volodymyr Hnatiuk
National Pedagogical University
Series: Biology**



**85 (1-2)
2025**

*Друкується за рішенням вченої ради
Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
від 24.06.2025 р. (протокол № 14)*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

Н. М. Дробик – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний
університет ім. Володимира Гнатюка, Україна

Заступники головного редактора:

В. В. Грубіно – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний
університет ім. Володимира Гнатюка, Україна

О. Б. Столяр – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний
університет ім. Володимира Гнатюка, Україна

Члени редакційної колегії:

І. В. Азізов – д.б.н., проф., Інститут молекулярної біології і біотехнології Національної академії наук
Азербайджану, Баку; **О. І. Боднар** – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет
ім. Володимира Гнатюка, Україна; **В. І. Бумейстер** – д.б.н., проф., Сумський державний університет,
Україна; **С. Н. Вадзюк** – д.мед.н., проф., Тернопільський національний медичний університет
ім. І. Я. Горбачевського, Україна; **А. І. Герц** – к.б.н., доцент, Тернопільський національний педагогічний
університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **Н. В. Герц** – к.б.н., доцент, Тернопільський національний
педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **Г. М. Голіней** – к.с.-г.н., доцент,
Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна
(відповідальний секретар); **Л. Р. Грицак** – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний
університет ім. Володимира Гнатюка, Україна; **П. Жимскі** – д.мед.н. (біологія), доцент, Познанський
медичний університет, Польща; **І. Я. Капрусь** – д.б.н., проф., Державний природознавчий музей НАН
України, Львів; **В. З. Курант** – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет ім.
Володимира Гнатюка, Україна; **В. Г. Кур'ята** – д.б.н., проф., Вінницький державний педагогічний
університет ім. М. Коцюбинського, Україна; **О. В. Лукаш** – д.б.н., проф., Національний університет
«Чернігівський колегіум» ім. Т. Г. Шевченка, Україна; **Н. В. Пасечко** – д.мед.н., проф., Тернопільський
національний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського, Україна; **С. В. Пида** – д.с.-г.н., проф.,
Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна;
С. В. Поливаний – к.б.н., доцент, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла
Коцюбинського, Україна; **Г. Федак** – д.б.н., проф., Оттавський науково-дослідний центр розвитку
сільського господарства та агропродуктів, Канада; **М. М. Федоряк** – д.б.н., проф., Чернівецький
національний університет ім. Ю. Федьковича, Україна; **В. О. Хоменчук** – к.б.н., доцент, Тернопільський
національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна

Коректори: О. С. Вербовецька
Т. І. Белей
Комп'ютерна верстка: О. Б. Мацюк

Адреса редакції:
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2
м. Тернопіль, 46027
E-mail: journal@chem-bio.com.ua
<http://journals.chem-bio.com.ua>

Збірник включено до Переліку фахових видань України
(категорія "Б", наказ МОН України від 2.07.2020 року № 886).

Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356Р від 27.10.2009.

Українські та латинські назви рослин і тварин наведені за авторським текстом
За зміст, авторську позицію та достовірність наведених у статтях фактів, цитувань відповідальність несуть автори.
© Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

UDC 57(062.552)
H 34

Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
Series: Biology. 2025. T. 85, № 1–2. 100 p.

*Published by the decision of the Academic Council
of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
from 24.06.2025 (protocol № 14)*

EDITORIAL BOARD:

Editor-in-Chief

N. M. Drobyk – Dr. Sci. in Biol., Prof., Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

Deputy editors

V. V. Hrubinko – Dr. Sci. in Biol., Prof., Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

O. B. Stoliar – Dr. Sci. in Biol., Prof., Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

Editorial board

I. V. Azizov – Dr. Sci. in Biol., Prof., Institute of Molecular Biology and Biotechnologies of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku; **O. I. Bodnar** – Dr. Sci. in Biol., Prof., Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine; **V. I. Bumeister** – Dr. Sci. in Biol., Prof., Sumy State University, Ukraine; **G. Fedak** – PhD. Philosophy, Prof., Ottawa Research and Development Centre for Agriculture and Agri-Food, Canada; **M. M. Fedoriak** – Dr. Sci. in Biol., Prof., Chernivtsi Yuri Fedkovych National University, Ukraine; **A. I. Herts** – PhD. in Biol., Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine; **N. V. Herts** – PhD. in Biol., Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine; **H. M. Holinei** – PhD. in Agr., Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine (*Responsible secretary*); **L. R. Hrytsak** – Dr. Sci. in Biol., Prof., Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine; **I. J. Kaprus** – Dr. Sci. in Biol., Prof., National Museum of Natural History of NAS of Ukraine Lviv; **V. O. Khomenchuk** – PhD. in Biol., Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine; **V. Z. Kurant** – Dr. Sci. in Biol., Prof., Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine; **V. G. Kuryata** – Dr. Sci. in Biol., Prof., Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Ukraine; **O. V. Lukash** – Dr. Sci. in Biol., Prof., National Taras Shevchenko University “Chernihiv Collegium”, Ukraine; **N. V. Pasyechko** – Dr. Sci. in Med., Prof., I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine; **S. V. Polyvanyi** – PhD. in Biol., Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Ukraine; **S. V. Pyda** – Dr. Sci. in Agr., Prof., Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine; **P. Rzymiski** – Dr. Sci. in Biol., Prof., Poznan University of Medical Sciences, Poland; **S. N. Vadzyuk** – Dr. Sci. in Med., Prof., I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine

Proofreader: O. S. Verbovetska

T. I. Belei

Computer editing: O. B. Matsiuk

Editorial office address:

*Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 M. Kryvonosa Str. Ternopil,
46027 Ukraine
E-mail: journal@chem-bio.com.ua
<http://journals.chem-bio.com.ua>*

The journal is included in the list of Research Works of Ukraine
(category B, order of ministry of education and science of Ukraine, July 2, 2020 № 886).

Certificate KB № 15884-4356P, October 27, 2009.

Ukrainian and Latin plant and animal terms are cited according to the author's version

Responsibility for the information and views set out in these publications lies entirely with the authors.

© Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

ЗМІСТ

БОТАНІКА

С. С. ЄВСІКОВА, О. О. ВАСИЛЮК

РАРИТЕТНІ ДЕНДРОЕКСОТИ ВІДДІЛУ *MAGNOLIOPHYTES*

У КРЕМЕНЕЦЬКОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ 6

ЗООЛОГІЯ

М. К. ПАЦЮК

ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД ГОЛИХ АМЕБ РІЗНИХ МОРФОТИПІВ

У ВОДОЙМАХ УКРАЇНИ 14

БІОХІМІЯ

КНМЕЛІАР ІНЕСА, КУШНІР ЛЕСІА, ВОЛОДЫМІР ТКАЧ

RELATIONSHIP OF THE STRUCTURE, PROPERTIES AND MAIN FIELDS

OF USE OF SUCRALOSE 22

ЕКОЛОГІЯ

О. О. ВАСИЛЮК, С. С. ЄВСІКОВА

СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ БІОЕКОЛОГІЇ *FAGUS SILVATICA* L.

СТРУКТУРИ ВІДНОВЛЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ БУКОВИХ НАСАДЖЕНЬ

В КРЕМЕНЕЦЬКОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ 29

С. С. ПОХИЛА, Г. М. ГОЛІНЕЙ, М. З. ПРОКОП'ЯК, М. А. КРИЖАНОВСЬКА

АНАЛІЗ ПОШИРЕННЯ *DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA* (LeCONTE, 1868)

В ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ 36

С. В. РУДЕНКО, В. П. РУДЕНКО

СТЕПОВА ЗОНА УКРАЇНИ ЯК БІОМ НА ТЛІ СХІДНО-ЄВРОПЕЙСЬКОЇ

РІВНИНИ ЗА ОЦІНКОЮ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ 43

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

В. О. КОЗАК, С. В. ПИДА

ВПЛИВ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ФУНГІЦИДІВ НА ПОКАЗНИКИ

ВОДООБМІНУ ЛИСТКІВ СОЧЕВИЦІ ХАРЧОВОЇ (*LENS CULINARIS* MEDİK.) 53

О. А. ШЕВЧУК, О. О. ТКАЧУК, О. О. ХОДАНІЦЬКА, С. В. ПОЛИВАНИЙ,

О. А. МАТВІЙЧУК, С. Д. КРИКЛИВА

ДІЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ НА МОРФОГЕНЕЗ І ПРОДУКТИВНІСТЬ

МОРКВИ ПОСІВНОЇ..... 60

ОГЛЯДИ

Г. Б. ГУМЕНЮК, В. В. ГРУБІНКО

ЯКІСТЬ ҐРУНТУ ЯК ІНДИКАТОР СТАЛОГО РОЗВИТКУ 67

А. Ю. КОРНІЄНКО, В. В. ГРУБІНКО, Г. В. ЧВАЛЮК, І. В. КАЛІНІН

МІКРО- ТА РІДКОЗЕМЕЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ У ВОДІ ТА ВОДНИХ ОРГАНІЗМАХ

ПРІСНОВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ..... 73

І. П. СТАШКІВ, М. З. ПРОКОП'ЯК, Н. М. ДРОБИК

БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА І ПОШИРЕННЯ *ECHINOPS*

EXALTATUS SCHARD. (*ASTERACEAE*) 82

ПОВІДОМЛЕННЯ, РЕЦЕНЗІЇ, ХРОНІКА

МИКОЛА СПІВАК, СВІТЛАНА ПИДА, ОКСАНА МАЦЮК

XVI З'ЇЗД ТОВАРИСТВА МІКРОБІОЛОГІВ УКРАЇНИ ІМЕНІ СЕРГІЯ

ВИНОГРАДСЬКОГО, 2–6 ЧЕРВНЯ 2025 Р., м. ТЕРНОПІЛЬ 90

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ 95

CONTENTS

BOTANY

- S. S. YEVSIKOVA, O. O. VASYLYUK
RARE DENDROEXOTIC PLANTS OF THE MAGNOLIOPHITA DIVISION
IN THE KREMENETS BOTANICAL GARDEN 6

ZOOLOGY

- M. K. PATSYUK
TAXONOMIC COMPOSITION OF NAKED AMOEBAE OF DIFFERENT MORPHOTYPES
IN UKRAINIAN WATER BODIES 14

BIOCHEMISTRY

- KHMELIAR INESA, KUSHNIR LESIA, VOLODYMYR TKACH
RELATIONSHIP OF THE STRUCTURE, PROPERTIES AND MAIN FIELDS OF USE OF
SUCRALOSE 22

ECOLOGY

- O. O. VASYLYUK, S. S. YEVSIKOVA
CURRENT RESEARCH ON THE BIOECOLOGY OF *FAGUS SYLVATICA* L., STRUCTURE
OF REGENERATION AND USE OF BEECH PLANTINGS IN THE KREMENETS
BOTANICAL GARDEN 29
- S. S. POKHYLA, H. M. HOLINEI, M. Z. PROKOPIAK, M. A. KRYZHANOVSKA
THE DISTRIBUTION OF THE WESTERN CORN ROOTWORM (*DIABROTICA VIRGIFERA*
VIRGIFERA LÉCONTE) IN TERNOPIL REGION 36
- S. V. RUDENKO, V. P. RUDENKO
STEPPE ZONE OF UKRAINE AS THE BIOME AGAINST THE BACKGROUND OF EAST-
EUROPEAN PLAIN WITH REGARD TO ASSESSMENT OF NATURE-RESOURCE
POTENTIAL 43

PLANT PHYSIOLOGY

- V. O. KOZAK, S. V. PYDA
THE INFLUENCE OF MICROBIAL PREPARATIONS AND FUNGICIDES
ON THE PARAMETERS OF WATER EXCHANGE IN THE LEAVES OF FOOD LENTILS
(*LENS CULINARIS* MEDIK.) 53
- O. A. SHEVCHUK, O. O. TKACHUK, O. O. KHODANITSKA, S. V. POLYVANYI,
O. A. MATVIYCHUK, S. D. KRYKLYVA
INFLUENCE OF BIOSTIMULANTS ON MORPHOGENESIS AND PRODUCTIVITY
OF CARROT 60

REVIEWS

- H. B. HUMENIUK, V. V. HRUBINKO
SOIL QUALITY AS AN INDICATOR OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT 67
- A. Yu. KORNIENKO, V. V. HRUBINKO, H. V. CHVALIUK, I. V. KALININ
TRACE AND RARE EARTH ELEMENTS IN WATER AND AQUATIC
ORGANISMS OF FRESHWATER ECOSYSTEMS 73
- I. P. STASHKIV, M. Z. PROKOPIAK, N. M. DROBYK
BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND DISTRIBUTION OF *ECHINOPS*
EXALTATUS SCHARD. (*ASTERACEAE*) 82

ANNOUNCEMENTS, REPORTS, CHRONICLES

- MYKOLA SPIVAK, SVITLANA PYDA, OKSANA MATSIUK 90
- XVI CONGRESS OF THE S.M. VYNOGRADSKY SOCIETY OF MICROBIOLOGISTS OF
UKRAINE (SMU) i, JUNE 2-6, 2025, TERNOPIL, UKRAINE 90

SUBMISSION GUIDELINES FOR AUTHORS 98

БОТАНІКА

УДК 582.47:502.753 (477.31)

doi: 10.25128/2078-2357.25.1–2.1

С. С. ЄВСІКОВА, О. О. ВАСИЛЮК

Кременецький ботанічний сад
пров. Ботанічний, 5, Кременець, Тернопільська область, 47003
e-mail: kremenets.oleg@gmail.com

РАРИТЕТНІ ДЕНДРОЕКЗОТИ ВІДДІЛУ *MAGNOLIOPHITA* У КРЕМЕНЕЦЬКОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ

У статті подано характеристику представників відділу *Magnoliophita* за екоморфою, біоморфою, географічним походженням, видовим складом, а також встановлено природоохоронний статус видів згідно з світовими червоними списками та «Червоною книгою України». На території Кременецького ботанічного саду станом на 2024 рік зростають 84 види раритетних дендросозоекзотів відділу *Magnoliophita*, які за систематичним положенням належать до 30 родин, 48 родів, що відносяться до 1 класу, 1 відділу, одного царства, і одного домена. Всього 166 таксонів.

Виокремлені раритетні види згідно з географічним походженням відносяться до Голарктичного царства, Бореального підцарства, 62 % цих дендроекзотів походять з Циркумбореальної і Атлантично-північноамериканської флористичної області, 31 % належать до Східно-Азіатської і Середземноморської області, а найменше видів (7 %) – до Ірано-Туранської області. По біоморфі переважають листопадні дерева, мезо- і мікрофанерофіти. За екоморфою виявлено геліофітів 62 %, мезофітів 41 %, мезотрофів 51 %. Згідно з соціологічним аналізом встановлено, що 50 % рослин належать ЧС МСОП, до ЧС ЄЧС – 39 % і до ЧКУ – 10 % від загальної кількості видів.

Ключові слова: раритетність, біоморфа, екоморфа, дендроекзот, природоохоронний статус.

Збереження генофонду раритетних видів в умовах *ex situ* – одна з найважливіших складових проблеми охорони рідкісних і зникаючих рослин внаслідок впливу негативних тенденцій в екологічних умовах їх існування. Усі аспекти природоохоронної проблеми на світовому рівні відображені у відповідних правових документах і державних програмах, метою яких є зупинення стрімкого зменшення видової різноманітності рослин [1, 2].

Раритетними вважають види, занесені залежно від рівня охорони до відповідних списків та переліків регіонально-рідкісних видів. На міжнародному рівні підлягають охороні види, які внесені до таких світових червоних списків: Червоний список Міжнародного союзу охорони природи і природних ресурсів (ЧС МСОП), Європейський червоний список (ЄЧС), Червона книга України (ЧКУ), переліки видів, занесених до додатків Вашингтонської та Бернської конвенцій – а також на регіональному (місцевому) рівні: види, занесені до списків, затверджених обласними радами [1, 2, 9, 10].

Важливими науковими інтродукційними осередками завжди були і є ботанічні сади, які є центрами збереження раритетних видів деревних рослин. Одним із таких об'єктів є Кременецький ботанічний сад, діяльність якого спрямована на збереження місцевих видів і введення в культуру нових інтродуцентів. Це дає можливість використовувати їх в

декоративному озелененні для створення штучних екосистем, які нестимуть різноманітне декоративне, природоохоронне та пізнавальне навантаження.

Матеріали та методи досліджень

Об'єктами дослідження є природні й культивовані види деревних рослин, які належать до раритетної фракції Кременецького ботанічного саду. Географічне поширення за флористичним районуванням подано згідно з А. Л. Тахтаджян [8]. Для аналізу дендроекзотів за екологічною характеристикою використано рекомендації Н. М. Матвєєва [5]. Біоморфологічний аналіз виконували на основі системи життєвих форм (І. Г. Серебряков, К. Раункієра) [6, 7]. Созологічний статус і ступінь раритетності з'ясовано за міжнародними списками (ЧС МСОП, ЄЧС), державним (ЧКУ) та регіональними зведеннями (Тернопільська область) [1, 2, 9, 10].

Результати досліджень та їх обговорення

Видовий склад раритетних дендроекзотів відділу *Magnoliophyta* Кременецького ботанічного саду включає 84 види, які належать до 30 родин, 48 родів, що відносяться до 1 класу, 1 відділу, одного царства і одного домена. Усього 166 таксонів. Створення дендрологічної колекції у ботанічному саду було здійснене для збагачення та поповнення насаджень, вивчення поведінки інтродукованих видів у нових ґрунтово-кліматичних умовах.

Розподіл видів дендроекзотів у родинному співвідношенні наведено на рис. 1.

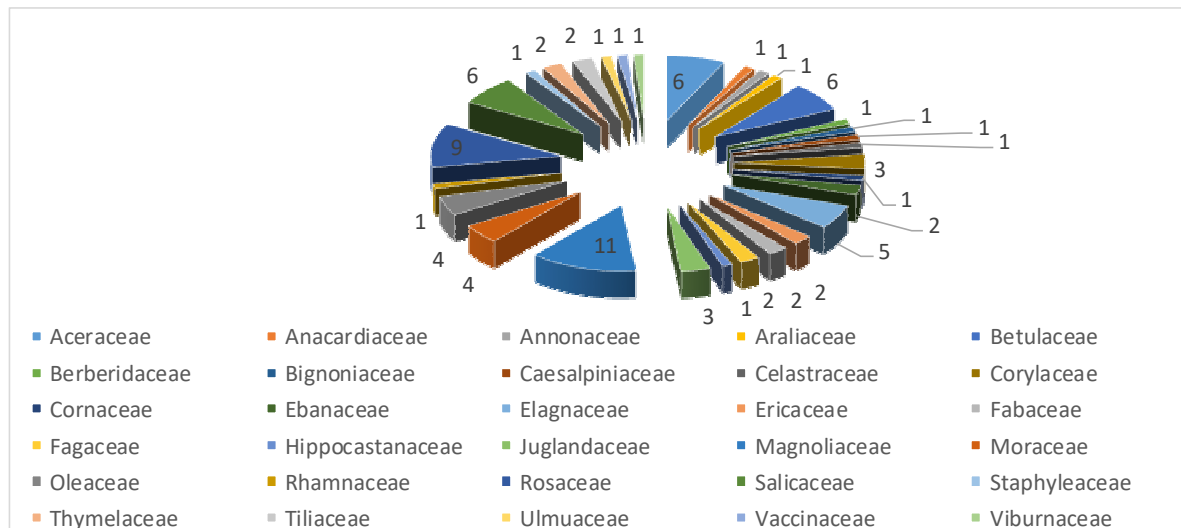


Рис .1. Родинний спектр колекції раритетних видів.

Провідними родинами за кількістю видів є: *Magnoliaceae* (11 видів – 13 %), *Rosaceae* (9 видів – 11 %), *Aceraceae* (6 видів – 7 %), *Betulaceae* (6 видів – 7 %), *Salicaceae* (6 видів – 7 %), *Elagnaceae* (5 видів – 6 %), *Moraceae* (4 види – 5 %), *Oleaceae* (4 види – 5 %), *Corulaceae* (3 види – 4 %), *Juglandaceae* (3 види – 4 %), значна частина родин має у своєму складі 1–2 види (31 %)

Біоморфологічний аналіз показав, що за життєвими формами по Серебрякову колекцію раритетних видів *Magnoliophyta* Кременецького ботанічного саду розподілено наступним чином: листопадні дерева нараховують 54 види – 64 %; листопадні кущі – 25 видів (30 %) і вічнозелені кущі – 5 видів (6 %). Проведено еколого-морфологічний аналіз флори за Раункієром, в основу якого покладені адаптивні ознаки поведінки рослин – найбільше представлені мезо- і мікрофанерофіти – 64 видів (76 %), на другому місці – мегафанерофіти – 17 (20 %), найменше хамефітів – 3 (4 %) (табл. 1).

Аналіз видів Кременецького ботанічного саду за еколого-біологічними особливостями

Характеристика видів			К-сть видів	% частка
За життєвими формами	Серебряков	ЛД	54	64
		ЛК	25	30
		ВК	5	6
	Раункієр	мезофанерофіт	33	39
		мікрофанерофіт	31	37
		мегафанерофіт	17	20
		хамефіт	3	4
За екологічною характеристикою	Геліоморфа	He	52	62
		Sc	16	19
		HeSc	16	19
	Гігроморфа	Hgr	28	33
		Ms	34	41
		MsHgr	6	7
		Ks	5	6
		MsKs	11	13
		MsTr	43	51
	Трофоморфа	MgTr	28	33
		OgTr	13	16

Примітки: біоморфа та життєвими формами за Серебряковим і Раункієром ЛД – листопадне дерево; ЛК – листопадний кущ; ВК – вічнозелений кущ; екологічні особливості по відношенню до світла: He – геліофіт, Sc – сціофіт, HeSc – геліосціофіт; по відношенню до вологи – Hgr – гігрофіт, Ms – мезофіт, MsHgr – мезогігрофіт, Ks – ксерофіт, MsKs – мезоксерофіт; по відношенню до родючості ґрунту: MgTr – мегатроф, MsTr – мезотроф, OgTr – оліготроф.

У результаті роботи здійснено розподіл видів за екологічною характеристикою, який показав, що за геліоморфою переважають геліофіти – 62 % (52 види); сціофітів і геліосціофітів по 16 видів (32 види) – 38 %. По відношенню до води: частка мезофітів – 41 %, гігрофітів – 33 %, ксерофітів – 6 % і проміжних мезоксерофітів – 13 % і мезогігрофітів – 7 %. За трофоморфою найбільше мезотрофів – 51 %; мегатрофів – 33 %; оліготрофів – 16 %.

Відповідно до господарського значення види колекції розподілилися таким чином: 62 % отримали лікарське значення; 23 % є добрими медоносами; 25 % мають деревинне значення; 37 % – харчове; 1 % – науково-цінне, фітомеліоративне – 6 %, фарбувальне – 8 %, танідоносне – 12 %, фітонцидні – 6 %, усі види декоративні (рис. 2).

У ході роботи визначено належність видів до природоохоронного статусу та встановлено рівень категорії раритетності деревних, кущових рослин. Охорона і збереження природних екосистем, їх ландшафтного і біологічного різноманіття є одним з першочергових завдань функціонування саду, здійснюється контроль з охорони, відтворення, ведеться первинний облік даних та інших відомостей відтворення, використання природних ресурсів.

Для комплексної оцінки досліджували і враховували деякі основні параметри видів рослин, які стосуються їх науково-природничого значення, таксономічної репрезентативності, характеру поширення, рівня загрозливості інших природоохоронних ознак. Результати досліджень занесено у табл. 2.

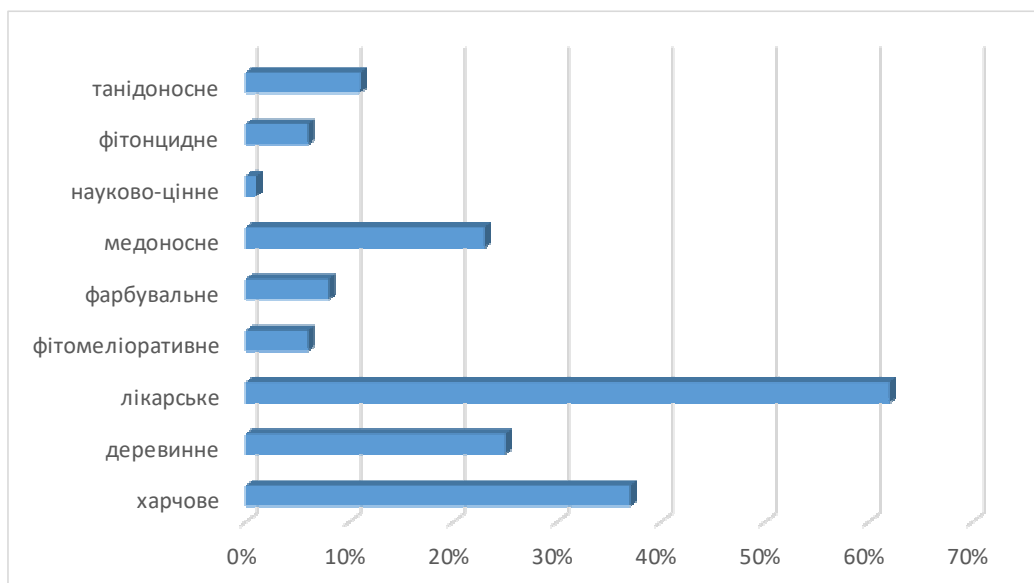


Рис. 2. Розподіл колекції раритетних видів класу *Magnoliophita* Кременецького ботанічного саду за господарським значенням.

Таблиця 2

Належність до переліку видів у відповідності до їх природоохоронного статусу і відповідної категорії за класифікацією МСОП та їх географічне походження

№ п/п	Вид	Природоохоронний статус ЧС (МСОП, ЄЧС)	Категорії видів МСОП	Географічне походження: Голарктична область, Бореальне підцарство
1	<i>Acer campestre</i> L.	ЄЧС	LC	Циркумбореальна область, Східно-Європейська провінція
2	<i>A. platanoides</i> L.	ЄЧС	LC	Циркумбореральна область, Східно-Європейська провінція
3	<i>A. saccharinum</i> L.	МСОП	LC	Бореальне підцарство
4	<i>A. tataricum</i> L.	ЄЧС	LC	Циркумборельна область, Східно-Європейська провінція
5	<i>A. tegmentosum</i> L.	МСОП	LC	Східноазіатська область
6	<i>A. hyrcanum</i> Fisch & C.A. Mey.	МСОП	LC	Циркумбореальна область
7	<i>Cotinus coggygia</i> Scop.	ЄЧС	LC	Середземноморська область
8	<i>Asimina triloba</i> L.	МСОП	LC	Атлантично-північноамериканська область, Аппалачська провінція
9	<i>Hedera helix</i> L.	ЄЧС	LC	Атлантично-Європейська провінція
10	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaerth	ЄЧС	LC	Східноєвропейська провінція
11	<i>A. incana</i> (L.) Moench	ЄЧС	LC	Циркумбореальна область
12	<i>Betula klovovii</i> Zaverucha	ЧКУ	CR	ендемік, релікт Кременеччини
13	<i>B. pendula</i> Roth.	МСОП	LC	Північноєвропейська провінція, Західносибірська провінція
14	<i>B. pubescens</i> Ehrh.	ЄЧС	LC	Західноєвропейська провінція
15	<i>B. obscura</i> Kotuli	ЧКУ	NT	Циркумбореальна область
16	<i>Berberis vulgaris</i> L.	ЄЧС	LC	Європа, Центральна Азія
17	<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	МСОП	DD	Атлантично-північноамериканська область
18	<i>Buxus sempervirens</i> L.	ЄЧС	LC	релікт, Циркумбореальна область, Середземноморська область

БОТАНІКА

Продовження таблиці 2				
19	<i>Cercis canadensis</i> L.	МСОП	LC	Північна Америка
20	<i>Euonymus nana</i> Bich.	ЧКУ	VU	Східно-центральна Азія
21	<i>Corylus avelana</i> L.	МСОП	LC	Європа, Кавказ, середній Схід
22	<i>C. colurna</i> L.	МСОП	LC	Балкани, Кавказ, Північний Іран, Гімалаї
23	<i>C. maxima</i> Mill.	ЄЧС	DD	Європа, Мала Азія
24	<i>Cornus mas</i> L.	ЄЧС	LC	Кавказ, Азія
25	<i>Diospyros lotus</i> L.	МСОП	LC	Кавказ, Азія
26	<i>D. virginiana</i> L.	МСОП	LC	Схід, США
27	<i>Elaeagnus multiflora</i> Thunb.	МСОП	LC	Азія, Південна Європа
28	<i>E. angustifolia</i> Rursh.	МСОП	LC	Європа
29	<i>E. umbellata</i> Thunb.	МСОП	LC	Японія, Китай
30	<i>Shepherdia argentea</i> (Rursh.) Nutt.	МСОП	LC	Північна Америка
31	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	МСОП	LC	Європа
32	<i>Andromeda polifolia</i> L.	МСОП	LC	Північна частина Полісся, Карпати і Прикарпаття
33	<i>Rhododendron luteum</i> L.	ЄЧС	LC	Циркумбореальна область, релікт Полісся
34	<i>Laburnum alpinum</i> (Mill) Berchtold et Presl	ЄЧС	LC	Мала Азія, Південна Європа
35	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	МСОП	LC	Атлантично-Європейська провінція
36	<i>Castanea sativa</i> Mill.	МСОП	LC	Атлантично-Європейська провінція
37	<i>Fagus sylvatica</i> Mill.	ЄЧС	LC	Циркумбореальна область, Центральноєвропейська провінція
38	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	ЄЧС	VU	Середземноморська область
39	<i>Juglans regia</i> L.	ЄЧС	LC	Ірано-Туранська область, Західногімалайська провінція
40	<i>J. nigra</i> L.	МСОП	LC	Атлантично-північноамериканська область
41	<i>Pterocarya pterocarpa</i> (Michx.)	МСОП	VU	релікт Ірано-Туранська область, Армяно- Іранська провінція
42	<i>Magnolia denudate</i> Desr.	МСОП	LC	Центральний і Східний Китай
43	<i>M. kobus</i> DC.	МСОП	DD	ендемік Японо-Корейської провінції, Східноазіатська область
44	<i>M. sieboldii</i> K. Koch.	МСОП	LC	ендемік Східно-Азіатської області, Японо- Корейська провінція
45	<i>M. stellate</i> (Zieb et Zucc.)	МСОП	EN	ендемік Східноазіатської області, Японо- Корейська провінція
46	<i>M. virginiana</i> L.	МСОП	LC	ендемік Атлантично- північноамериканської області
47	<i>M. obovate</i> (Thunb.)	МСОП	LC	Японія і сусідні Курильські острови
48	<i>M. salicifolia</i> (Zieb et Zucc.)	МСОП	LC	Східноазіатська область, Японо-корейська провінція
49	<i>M. tripetala</i> L.	МСОП	LC	Атлантично-північноамериканська область, ендемік Аппалачської провінції
50	<i>M. acuminata</i> L.	МСОП	LC	Атлантично-північноамериканська область, ендемік Аппалачської провінції
51	<i>M. officinalis</i> Rehd. et Wils	МСОП	EN	Китай
52	<i>Liriodendron tulipiferum</i> L.	МСОП	LC	Атлантично-північноамериканська область
53	<i>Morus alba</i> L.	МСОП	LC	Китай
54	<i>M. nigra</i> L.	МСОП	DD	Південна Азія
55	<i>Maclura pomifera</i> (Rafin.) Schneid.	МСОП	LC	Атлантично-північноамериканська область, Аппалачська провінція
56	<i>Ficus carica</i> L.	ЄЧС	LC	Кавказ
57	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	ЄЧС	NT	Бореальне підцарство, Східно-європейська провінція

БОТАНІКА

Продовження таблиці 2				
58	<i>F. ornus</i> L.	ЧКУ	NT	релікт Субсередземноморської області
59	<i>Syringa josicaea</i> Jacq.	ЧКУ	VU	релікт Центральноєвропейської провінції, Циркумбореальної області
60	<i>S. vulgaris</i> L.	ЄЧС	LC	релікт Циркумбореальної області
61	<i>Ziziphus jujube</i> Mill.	МСОП	LC	Азія
62	<i>Malus nieddzwetzkyana</i> Dieck.	МСОП	EN	Середня Азія
63	<i>Mespillus germanica</i> L.	МСОП	LC	Європа
64	<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	МСОП	LC	Кавказ
65	<i>Prunus spinose</i> L.	ЄЧС	LC	Європа
66	<i>Rosa canina</i> L.	ЄЧС	LC	Полісся, лісостеп і степ України
67	<i>Sorbus aria</i> (L.) Grantz.	ЄЧС	LC	Північна півкуля Землі
68	<i>S. aucuparia</i> L.	МСОП	LC	Європа, частина Азії, Північна Африка, Ісландія, Північний Китай
69	<i>S. torminalis</i> (L.) Grantz.	ЧКУ	CR	Південно-східна частина Поділля
70	<i>S. intermedia</i> (Ehrh.) Pers.	ЄЧС	LC	Європа, Середньоземномор'я
71	<i>Populus alba</i> L.	ЄЧС	LC	Атлаські гори Африки, частина Південної і Центральної Європи, Центральна Азія
72	<i>P. nigra</i> L.	ЄЧС	DD	Європа, Північна Африка, Центральна і Західна Азія
73	<i>P. tremula</i> L.	ЄЧС	LC	Північноєвропейська провінція
74	<i>Salix alba</i> L.	ЄЧС	LC	Європа, Західна і Центральна Азія
75	<i>S. caprea</i> L.	ЄЧС	LC	Європа, Західна і Центральна Азія
76	<i>S. cinerea</i> L.	ЄЧС	LC	Європа, Західна і Центральна Азія
77	<i>Staphylea pinnata</i> L.	ЧКУ	NT	релікт Циркумбореальної області
78	<i>Daphne cneorum</i> L.	ЧКУ	VU	Центральноевропейська область з заходу на схід від Піреней до Дніпра, з півночі на південь від Середньої Європи до Балкан
79	<i>D. mezereum</i> L.	Регіон.-рідкісний		Більша частина Європи і Західної Азії, північ Скандинавії, Росії
80	<i>Tilia cordata</i> Mill.	ЄЧС	LC	Східноєвропейська провінція
81	<i>T. platyphyllos</i> Scop.	МСОП	LC	Європа і Західна Азія
82	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	МСОП	LC	Європа, США
83	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	ЄЧС	LC	Європа, Схід
84	<i>Viburnum opulus</i> L.	ЄЧС	LC	Європа

Аналізуючи дані таблиці, бачимо, що найбільше видів рослин належать до ЧС МСОП – 50 %; до ЧС ЄЧС – 39 % і до ЧКУ – 10 % від загальної кількості видів.

Згідно з класифікацією МСОП нами виокремлено рослини, які потребують особливої уваги – це 2 види, які є в критичному стані, зникаючі (CR) – *Betula klokovii*, *Sorbus torminalis*; 3 види під загрозою зникнення (EN) – *Magnolia stellate*, *Malus nieddzwetzkyana*, *Magnolia officinalis*; вразливі (VU) – 5 видів: *Daphne cneorum*, *Syringa josicaea*, *Pterocaria pterocarpa*, *Aesculus hippocastanum*, *Euonymus nana*; близькі до загрози зникнення; рідкісні (NT) – 4 види: *Staphylea pinnata*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus ornus*, *Betula obscura*, усі решта види підлягають категорії LC і DD, які є в найменш загрозливому стані.

Дослідження та встановлення раритетної фітоценорізноманітності є важливим стратегічним науковим заходом, який знайде своє застосування в екологічно зорієнтованій системі ведення природоохоронної справи та ресурсного господарювання. Розвиток природоохоронної діяльності дозволить забезпечити успішне збереження раритетного фітоценофонду ботсаду.

Розподіл за географічним положенням по Тахтаджяну показав, що всі види належать до Голарктичного царства, Бореального підцарства. Більшість з них (62 %) відносяться до Циркумбореальної і Атлантично-північноамериканської флористичної області, 31 % до Східноазійської і Середземноморської областей, а найменше видів (7 %) – до Ірано-Туранської області. Найбільше наших дендроекзотів походять з Азії і Європи (68 %), з Америки, Японії, Китаю, Кавказу (27 %). Україна є батьківщиною 4 видів (5 %): *Betula klokovii* – ендемік, релікт Кременеччини; *Andromeda polifolia* – північна частина Полісся, Карпати і Прикарпаття; *Rhododendron luteum* – релікт Полісся і *Rosa canina* – Полісся, лісостеп і степ України. Досліджувані види відрізняються за рівнем географічного поширення та мають іноді обмежені природні ареали.

Висновки

Важливими науковими інтродукційними осередками завжди були ботанічні сади, які є центрами збереження раритетних видів деревних рослин. Одним із таких об'єктів є Кременецький ботанічний сад, діяльність якого спрямована на збереження місцевих видів і введення в культуру нових інтродуцентів. У цій публікації вперше подано результати комплексної оцінки раритетних дендроекзотів відділу *Magnoliophyta* у колекціях Кременецького ботанічного саду згідно з характеристикою за біоекологічними особливостями, географічним походженням і відповідністю до природоохоронного статусу внесених до світових списків МСОП, ЧКУ й регіонально-рідкісних видів Тернопільської області. Згідно з класифікацією МСОП нами виокремлено рослини, які потребують особливої уваги – це 2 види, які є в критичному стані, зникаючі (CR); 3 види під загрозою зникнення (EN); вразливі (VU) – 5 видів; близькі до загрози зникнення; рідкісні (NT) – 4 види, усі решта види підлягають категорії LC і DD, які знаходяться в найменш загрозливому стані.

Наші дослідження показали, що за геліоморфою переважають геліофіти – 62 %; за гідроморфою мезофіти і гігрофіти – 74 %; трофоморфою є мезотрофи – 51 %.

Розподіл за географічним положенням по Тахтаджяну показав, що всі види належать до Голарктичного царства, Бореального підцарства. Більшість з них (62 %) відносяться до Циркумбореальної і Атлантично-північноамериканської флористичної області.

Для збереження раритетної дендрофлори Кременецького ботанічного саду потрібно і надалі проводити постійний моніторинг за чисельністю та життєвим станом рослин, які потребують особливого захисту.

1. Глобальна стратегія збереження рослин: 2011–2020. *Рослинний світ у Червоний книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин*: збірник матеріалів III міжнародної конференції. Львів, 2014. С. 13–24.
2. Екологічний паспорт Тернопільської області 2024 рік. URL: https://ecology.te.gov.ua/media/uploads/екопаспорт_затв_2_стисн.pdf (дата звернення: 1.03.2025).
3. Європейський червоний список тварин і рослин, що знаходяться під загрозою зникнення у світовому масштабі. URL: http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/index_en.htm (дата звернення: 1.02.2025).
4. Конвенція про охорону біологічного різноманіття від 1992 року. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_030 (дата звернення: 1.02.2025).
5. Матвеев Н. М. Оптимізація системи екоморф рослин А. Л. Бельгарда з метою фітоіндикації екотопа та біотопа. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. 2003. Т. 2. С. 105–113.
6. Раункієр К. Життєві форми рослин і статистична географія рослин. Оксфорд, 1934. 632 с.
7. Серебряков І. Г. Життєві форми вищих рослин та їх вивчення. *Польова геоботаніка*. 1964. Т. 3. 205 с.
8. Тахтаджян А. Л. Флористичні області Землі. Львів : Наука, 1978. 248 с.
9. Червоний список МСОП. URL: <http://www.iucnredlist.org>. (дата звернення: 10.01.2025).
10. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 912 с.

References

1. Hlobalna stratehiia zberezhenia roslyn: 2011–2020. *Roslynnnyi svit u Chervonyi knyzi Ukrainy: vprovadzhenia Hlobalnoi stratehii zberezhenia roslyn*: zbirnyk materialiv III mizhnarodnoi konferentsii. Lviv, 2014. S. 13–24. [in Ukrainian]

2. Ekolohichniy pasport Ternopilskoi oblasti 2024 rik. URL: https://ecology.te.gov.ua/media/uploads/ekopasport_zatv_2_stysn.pdf (data zvernennia: 1.03.2025). [in Ukrainian]
3. Yevropeyskyi chervonyi spysok tvaryn i roslyn, shcho znakhodiatsia pid zahrozoiu znyknennia u svitovomu masshtabi. URL: http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/index_en.htm (data zvernennia: 1.02.2025). [in Ukrainian]
4. Konventsiiia pro okhoronu biolohichnoho riznomanittia vid 1992 roku. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_030 (data zvernennia: 1.02.2025). [in Ukrainian]
5. Matvieiev N. M. Optymizatsiia systemy ekomorf roslyn A. L. Belharda z metoiu fitoindykatsii ekotopa ta biotopa. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biolohiia, ekolohiia*. 2003. T. 2. S. 105–113. [in Ukrainian]
6. Raunkier K. Zhyttievi formy roslyn i statystychna heohrafiia roslyn. Oksford, 1934. 632 s. [in Ukrainian]
7. Serebriakov I. H. Zhyttievi formy vyshchykh roslyn ta ikh vyvchennia. *Polova heobotanika*. 1964. T. 3. 205 s. [in Ukrainian]
8. Takhtadzhan A. L. Florystychni oblasti Zemli. Lviv : Nauka, 1978. 248 s. [in Ukrainian]
9. Chervonyi spysok MSOP. URL: <http://www.iucnredlist.org>. (data zvernennia: 10.01.2025). [in Ukrainian]
10. Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyi svit / za red. Ya. P. Didukha. Kyiv : Hlobalkonsaltnykh, 2009. 912 s. [in Ukrainian]

S. S. Yevsikova, O. O. Vasylyuk
Kremenets Botanical Garden, Ukraine

RARE DENDROEXOTIC PLANTS OF THE MAGNOLIOPHYTA DIVISION IN THE KREMENETS BOTANICAL GARDEN

This article describes rare dendroexotic species belonging to the Magnoliophyta division, focusing on their ecomorphology, biomorphology, geographical origin, and species composition. It also establishes their conservation status based on global Red Lists and the Red Data Book of Ukraine. The Kremenets Botanical Garden is home to 84 rare dendroexotic species of the Magnoliophyta division. These species represent 30 families and 48 genera within the same class, division, kingdom, and domain. In total, there are 166 taxa. Geographically, these rare species originate from the Holarctic kingdom, Boreal subkingdom. A significant portion (62 %) come from the Circumboreal and Atlantic-North American floristic regions, while 31 % are from the East Asian and Mediterranean regions. The smallest group, 7 %, originates from the Iranian-Turanian region. Analysis of ecological features reveals that the collection of dendrocotyledons is predominantly composed of heliophytes (62 %), mesophytes (49 %), and mesotrophs (56 %).

Biomorphological analysis shows the following distribution of life forms among the rare Magnoliophyta species in the Kremenets Botanical Garden: Deciduous trees: 54 species (64 %), Deciduous shrubs: 25 species (30 %), Evergreen shrubs: 5 species (6 %).

An ecomorphological analysis of the flora, based on Raunkiaer's system and adaptive plant features, indicates that meso- and microphanerophytes are the most represented (64 species, or 76 %). They are followed by megaphanerophytes (17 species, or 20 %), with chamaephytes being the least common (3 species, or 4 %).

According to the IUCN classification, several plants in the collection require special attention: Critically Endangered (CR): 2 species – *Betula klokovii* and *Sorbus torminalis*; Endangered (EN): 3 species – *Magnolia stellata*, *Malus niedzwetzkyana*, and *Magnolia officinalis*; Vulnerable (VU): 5 species – *Daphne cneorum*, *Syringa josikaea*, *Pterocarya pterocarpa*, *Aesculus hippocastanum*, and *Euonymus nana*; Near Threatened (NT): 4 species – *Staphylea pinnata*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus ornus*, and *Betula obscura*. All other species fall under the Least Concern (LC) and Data Deficient (DD) categories, indicating they are currently at the lowest threat level.

This publication offers a comprehensive overview of the rare flora species found in the Kremenets Botanical Garden, highlighting their inclusion in regional, national, and international conservation lists due to their importance for the functioning of natural ecosystems.

Key words: rarity, biomorpha, ecomorpha, dendroexotic, conservation status.

Надійшла 18.04.2025.

ЗООЛОГІЯ

УДК 593:121

doi: 10.25128/2078-2357.25.1–2.2

М. К. ПАЦЮК

Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. В. Бердичівська, 40, Житомир, 10008
e-mail: kostivna@ukr.net

ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД ГОЛИХ АМЕБ РІЗНИХ МОРФОТИПІВ У ВОДОЙМАХ УКРАЇНИ

У різних типах прісних водойм України зареєстровано 14 морфотипів голих амєб: розгалужений (*Rhizamoeba* sp. (1), *Rhizamoeba* sp. (2)), політактичний (*Amoeba proteus*, *Polychaos dubium*, *Deuteroamoeba mycophaga*), монотактичний/моноподіальний (*Saccamoeba stagnicola*, *Saccamoeba limax*, *Saccamoeba wakulla*, *Saccamoeba* sp. (1), *Saccamoeba* sp. (2), *Saccamoeba* sp. (3)), стріатний (*Thecamoeba striata*, *Thecamoeba quadrilineata*, *Thecamoeba similis*, *Thecamoeba* sp.), ругозний (*Thecamoeba sphaeronucleolus*, *Thecamoeba verrucosa*, *Thecamoeba terricola*), язикоподібний (*Stenamoeba stenopodia*), ланцетоподібний (*Paradermatoeba valamo*, *Paradermatoeba levis*), майорельний (*Mayorella cantabrigiensis*, *Mayorella vespertilioides*, *Mayorella penardi*, *Mayorella viridis*, *Mayorella* sp. (1), *Mayorella* sp. (2)), дактилоподіальний (*Korotnevella stella*, *Korotnevella diskophora*, *Vexillifera bacillipedes*), віялоподіальний (*Ripella platypodia*, *Ripella* sp., *Vannella lata*, *Vannella* sp.), акантоподіальний (*Acanthamoeba* sp.), фламельний (*Pellita digitata*, *Flamella* sp.), лінзоподіальний (*Cochliopodium minus*, *Cochliopodium actinophorum*), еруптивний (*Vahlkampfia avara*, *Vahlkampfia* sp. (1), *Vahlkampfia* sp. (2), *Vahlkampfia* sp. (3), *Willaertia magna*).

Найбільшу кількість морфотипів виявлено в річках (14), найменшу – у болотах (9), у озерах і заплавах водоймах – по 12 морфотипів голих амєб. За індексом Чекановського-Серенсена (*Ics*) між болотами, річками, заплавами водоймами та болотами спостерігається достатньо висока подібність у складі морфотипів голих амєб і становить від 0,76 до 0,92. За результатами кластерного аналізу з урахуванням індексу *Ics* голі амєби певних морфотипів формують два комплекси: перший – болотний, другий – заплавах водойм, озер і річок. У першому комплексі трапляються голі амєби лінзоподібного, стріатного, язикоподібного, віялоподібного, майорельного, дактилоподіального, акантоподіального, розгалуженого, еруптивного морфотипів. Другий комплекс формують види амєб усіх зареєстрованих нами морфотипів. На формування списків голих амєб різних морфотипів у водоймах України впливає температура води, концентрації розчинених у воді кисню та органічних речовин (за перманганатною окислюваністю).

Ключові слова: голі амєби, фауна, біорізноманіття, морфотипи, типи водойм, Україна.

Голі амєби – гетеротрофні амєбоїдні організми, які утворюють рухомі вирости цитоплазми різної форми – псевдоподії. У ранніх системах голих амєб відносили до класу *Lobosea* Carpenter, 1861 [7]; у сучасній молекулярно-генетичній системі голі амєби входять до складу супергрупи *Amoebozoa* [3–5]. Розмір клітин голих амєб варіює від декількох мікрметрів до 5 мм, хоча в середньому становить 20–150 мкм. Позаклітинні покривні структури відсутні. У

представників ряду Himatismenida Page, 1987 наявний тектум або шар аморфного матеріалу, який вкриває клітину з дорсальної сторони. Голі амеби мають агамний життєвий цикл, статевий процес не описаний. Тому, основним підходом до визначення виду в голих амеб залишається концепція морфологічного виду [10]. В амеб мало морфологічних ознак, які можна було б використовувати для опису видів. Серед найважливіших такі: розмір локомоторної форми, характер руху амеби, форма клітини, ток цитоплазми, наявність псевдоподій, субпсевдоподій, дактилоподій, характер утворення уроїдних структур, наявність зморщок або гребенів на дорсальній поверхні клітини, розмір ядра [7, 10].

Для зручності опису видів голих амеб застосовують поняття «морфотип» – різні особливості будови клітини (загальні контури клітини, наявність складок та гребенів на поверхні клітини, будова уроїдних структур), які характерні для локомоторних форм [7, 10].

Набір морфотипів дозволяє описати можливу різноманітність видів амеб [10]. Сьогодні відомо 16 морфотипів цих протистів: монотактичний, ортотактичний, політактичний, лінзоподібний, фламельний, флабельний, стріатний, ругозний, язикоподібний, ланцетоподібний, віялоподібний, майорельний, дактилоподіальний, акантоподіальний, розгалужений, а також еруптивний. Залежно від умов середовища деякі види одночасно можуть належати до різних морфотипів, хоча їх число не перевищує двох. Наприклад, *Amoeba proteus* у ході локомоції може набувати ортотактичної і політактичної форми, за несприятливих умов середовища набуває ознак монотактичного морфотипу.

Прослідкувати такі зміни можна в природних умовах під час вивчення видового складу голих амеб із одночасною реєстрацією чинників середовища. Тому, метою нашої роботи є встановити таксономічний склад видів голих амеб певних морфотипів у водоймах України та визначити вплив абіотичних факторів водного середовища на їхнє поширення.

Матеріали та методи досліджень

Натурні дослідження проводили з 2014 р. до 2021 р. Проби відбирали вручну в скляні посудини ємністю до 500 мл і доставляли до лабораторії. Амеб виділяли з проб, у які входили верхній шар донного ґрунту й невелика кількість придонної води. Розмножували голих амеб у чашках Петрі діаметром 50 мм на непоживному агарі (non-nutrient agar) за методикою Пейджа [7]. Амеб підтримували в культурах при температурі 15 °С. Спостереження за найпростішими проводили за допомогою світлового мікроскопа Axio Imager M1 (Центр колективного користування науковими приладами «Animalia» Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена). Морфотипи голих амеб визначали за «Encyclopedia of Microbiology» [10].

При відборі проб визначали основні фізико-хімічні показники досліджуваних водойм – температуру води, вміст розчиненого в воді кисню та органічних речовин (за перманганатною окислюваністю) [1].

Для порівняння фауністичних списків використано індекс Чекановського-Серенсена (*Ics*), побудову дендрограми і визначення її стабільності за допомогою Bootstrap-аналізу та багатовимірний аналіз проводили з використанням програми PAST 1.18 [6].

Результати досліджень та їх обговорення

Усього в прісних водоймах України нами виявлено 14 морфотипів голих амеб (табл. 1).

Таблиця 1

Види голих амеб та їх морфотипи в водоймах України

№ п/п	Види голих амеб	Морфотипи голих амеб
1.	<i>Rhizamoeba</i> sp. (1)	розгалужений
	<i>Rhizamoeba</i> sp. (2)	
2.	<i>Amoeba proteus</i>	політактичний
	<i>Polychaos dubium</i>	
	<i>Deuteramoeba mycophaga</i>	
3.	<i>Saccamoeba stagnicola</i>	монотактичний/моноподіальний
	<i>Saccamoeba limax</i>	
	<i>Saccamoeba wakulla</i>	

ЗООЛОГІЯ

Продовження таблиці 1		
	<i>Saccamoeba</i> sp. (1)	
	<i>Saccamoeba</i> sp. (2)	
	<i>Saccamoeba</i> sp. (3)	
4.	<i>Thecamoeba striata</i>	стріатний
	<i>Thecamoeba quadrilineata</i>	
	<i>Thecamoeba similis</i>	
	<i>Thecamoeba</i> sp.	
5.	<i>Thecamoeba sphaeronucleolus</i>	ругозний
	<i>Thecamoeba verrucosa</i>	
	<i>Thecamoeba terricola</i>	
6.	<i>Stenamoeba stenopodia</i>	язикоподібний
7.	<i>Paradermamoeba valamo</i>	ланцетоподібний
	<i>Paradermamoeba levis</i>	
8.	<i>Mayorella cantabrigiensis</i>	майорельний
	<i>Mayorella vespertilioides</i>	
	<i>Mayorella penardi</i>	
	<i>Mayorella viridis</i>	
	<i>Mayorella</i> sp. (1)	
	<i>Mayorella</i> sp. (2)	
9.	<i>Korotnevella stella</i>	дактилоподібний
	<i>Korotnevella diskophora</i>	
	<i>Vexillifera bacillipedes</i>	
10.	<i>Ripella platypodia</i>	віялоподібний
	<i>Ripella</i> sp.	
	<i>Vannella lata</i>	
	<i>Vannella</i> sp.	
11.	<i>Acanthamoeba</i> sp.	акантоподібний
12.	<i>Pellita digitata</i>	фламельний
	<i>Flamella</i> sp.	
13.	<i>Cochliopodium minus</i>	лінзоподібний
	<i>Cochliopodium actinophorum</i>	
14.	<i>Vahlkampfia avara</i>	еруптивний
	<i>Vahlkampfia</i> sp. (1)	
	<i>Vahlkampfia</i> sp. (2)	
	<i>Vahlkampfia</i> sp. (3)	
	<i>Willaertia magna</i>	

Найбільшу кількість морфотипів виявлено в річках (14 морфотипів), найменшу – у болотах (9 морфотипів), в озерах і заплавах водоймах – по 12 морфотипів голих аміб (табл. 2).

Таблиця 2

Розподіл морфотипів голих аміб у різних типах водойм України

№ п/п	Морфотипи голих аміб	Біотопи			
		річка	озеро	болото	заплавна водойма
1.	політактичний	+	–	–	+
2.	монотактичний	+	+	–	+
3.	фламельний	+	+	–	–
4.	лінзоподібний	+	–	+	+
5.	стріатний	+	+	+	+
6.	ругозний	+	+	–	+
7.	язикоподібний	+	+	+	+
8.	ланцетоподібний	+	+	–	–
9.	віялоподібний	+	+	+	+

Продовження таблиці 2					
10.	майорельний	+	+	+	+
11.	дактилоподіальний	+	+	+	+
12.	акантоподіальний	+	+	+	+
13.	розгалужений	+	+	+	+
14.	еруптивний	+	+	+	+
Всього		14	12	9	12

У всіх типах водойм (річка, озеро, заплавна водойма, болото) виявлені амеби стріатного, язикоподібного, віялоподібного, майорельного, дактилоподіального, акантоподіального, розгалуженого, еруптивного морфотипів. Амеби політактичного морфотипу надають перевагу річкам та заплавному водоймам; монотактичного та ругозного – річкам, озерам і заплавному водоймам; фламельного та ланцетоподібного – річкам і озерам; лінзоподібного – річкам, болотам і заплавному водоймам.

Частота трапляння морфотипів голих амеб у водоймах різних типів невисока. У річках середнє місце за частотою трапляння займають амеби таких морфотипів: майорельного (49,8 %), дактилоподіального (48 %), лінзоподібного (44,7 %), віялоподібного (43,2 %), еруптивного (42 %), монотактичного (38 %), стріатного (36 %). Найменш поширеними виявилися амеби акантоподіального (28 %), язикоподібного (24 %), політактичного (17 %), розгалуженого (12 %), ланцетоподібного (10,6 %), фламельного (6,6 %), ругозного (5,5 %) морфотипів.

У озерах частота трапляння амеб стріатного морфотипу складає 43,8 %, віялоподібного – 22 %, майорельного – 22 %, дактилоподіального – 22 %, монотактичного – 15,6 %, розгалуженого – 12,5 %, еруптивного – 12,5 %, акантоподіального – 11,7 %, ругозного – 6,3 %, язикоподібного – 6,3 %, фламельного – 4,7 %, ланцетоподібного – 3,1 %.

У болотах траплялися види амеб еруптивного (45,7 %), дактилоподіального (29,3 %), лінзоподібного (16,5 %), віялоподібного (13,3 %), стріатного (11,2 %), майорельного (10,6 %), язикоподібного (6,4 %), розгалуженого (3,2 %), акантоподіального (2,7 %) морфотипів.

У заплавному водоймах частота трапляння амеб віялоподібного морфотипу складає 43,7 %, амеби інших морфотипів малопоширені: дактилоподіальний – 28 %, майорельний – 26 %, язикоподібний – 24,1 %, монотактичний – 24 %, стріатний – 19 %, еруптивний – 15,5 %, лінзоподібний – 9,6 %, політактичний – 8 %, акантоподіальний – 5,8 %, розгалужений – 4,8 %, ругозний – 2,3 %.

З метою встановлення ступеню приуроченості морфотипів голих амеб до певного типу водойм, нами розрахований індекс фауністичної подібності між морфотипами амеб з водойм різних типів, який представлений в таблиці 3 та на рисунку 1.

Аналіз індексу Чекановського-Серенсена (I_{cs}) показує, що між різними біотопами достатньо висока подібність у складі морфотипів голих амеб. Річки мають високу ступінь подібності із озерами (0,92), заплавними водоймами (0,92), болотами (0,78); озера – із заплавними водоймами (0,83) та болотами (0,76); болота – із заплавними водоймами (0,85). За результатами кластерного аналізу з урахуванням індексу I_{cs} голі амеби різних морфотипів формують два комплекси: у перший комплекс потрапили морфотипи боліт, у другий – заплавному водойм, озер і річок. Вірогідність існування першого комплексу складає 100 %, другого – 50 % (за результатами Bootstrap-аналізу). У першому комплексі трапляються голі амеби лінзоподібного, стріатного, язикоподібного, віялоподібного, майорельного, дактилоподіального, акантоподіального, розгалуженого, еруптивного морфотипів, що складає 64 % від усіх ідентифікованих нами морфотипів. Другий комплекс формують види амеб усіх зареєстрованих нами морфотипів, що складає 100 % від загального списку морфотипів голих амеб. Крім того, перша група морфотипів тяжіє до водойм із кислою активною реакцією води, відносно високим вмістом у воді органічних речовин та невисокою концентрацією розчиненого в воді кисню; друга група морфотипів – із нейтральною активною реакцією води, підвищеною концентрацією розчиненого в воді кисню та підвищеним вмістом у воді органічних речовин.

Індекс фауністичної подібності (Чекановського-Серенсена) амеб певних морфотипів між різними типами водойм України

Біотопи	річка	озеро	болото	заплавна водойма
річка	1	0,92	0,78	0,92
озеро		1	0,76	0,83
болото			1	0,85
заплавна водойма				1

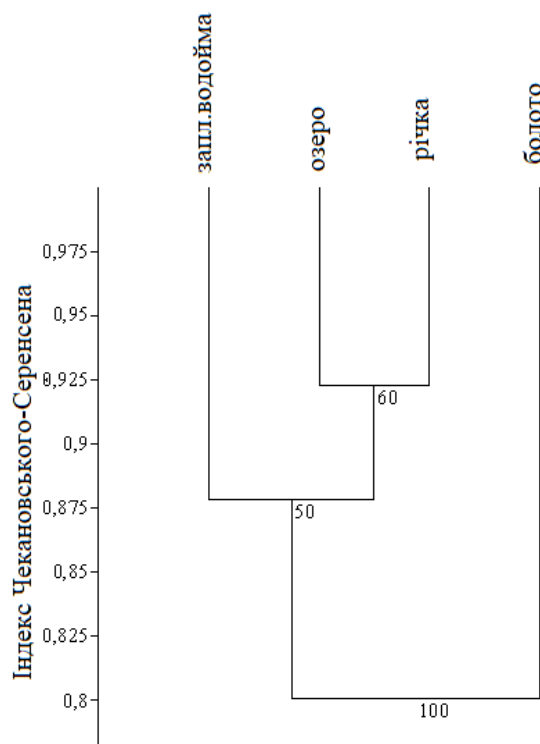


Рис. 1. Кластерний аналіз голих амеб певних морфотипів у водоймах різних типів України (за індексом Чекановського-Серенсена). У вузлах дендрограми результати Bootstrap-аналізу.

За результатами проведених досліджень, у різних типах водойм з'являються або зникають певні морфотипи голих амеб, які були зареєстровані нами в попередніх дослідженнях [2, 8, 9]. Так, у болотному комплексі не реєстрували амеби монотактичного, фламельного, розгалуженого морфотипів; у річках з'явилися амеби язикоподібного, політактичного, розгалуженого, ругозного; у озерах ідентифіковані амеби стріатного, ланцетоподібного та еруптивного, у той же час не траплялися амеби політактичного та лінзоподібного морфотипів; у заплавах водойм з'явилися амеби політактичного та розгалуженого, відсутні – ланцетоподібного та фламельного морфотипів.

За результатами непараметричного багатовимірного шкалювання видно, що склад видів різних морфотипів голих амеб у заплавах водойм залежить від вмісту у воді органічних речовин, в озерах та болотах – від концентрації розчиненого в воді кисню, у річках – від температури води (рис. 2).

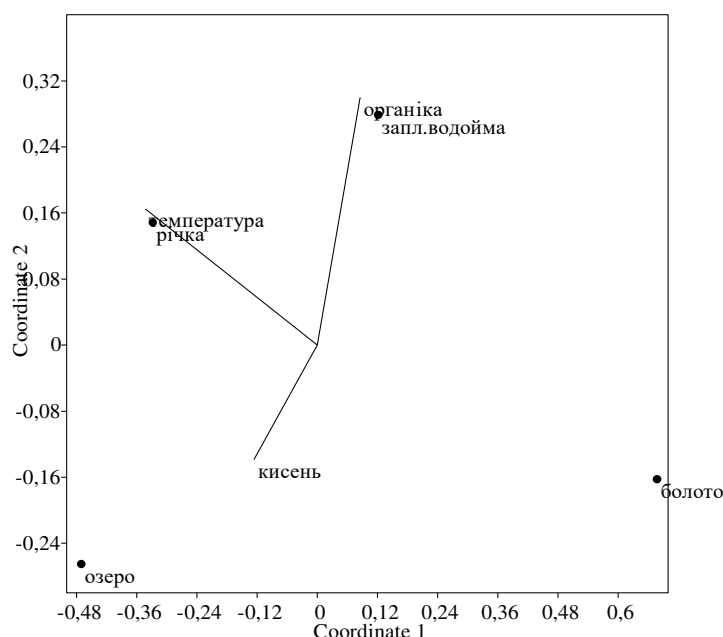


Рис. 2. Ординація комплексів голих аміб певних морфотипів водойм різних типів України (результати непараметричного багатовимірнього шкалювання).

Висновки

У різних типах водойм України зареєстровано такі морфотипи голих аміб: розгалуженого, політактичного, монотактичного/моноподіального, стріатого, ругозного, язикоподібного, ланцетоподібного, майорельного, дактилоподіального, віялоподібного, акантоподіального, фламельного, лінзоподібного, а також еруптивного. Найбільшу кількість морфотипів виявлено в річках (14 морфотипів), найменшу – у болотах (9), у озерах і заплавах водойм – по 12. За індексом Чекановського-Серенсена встановлено достатньо високу подібність у складі морфотипів голих аміб між різними типами водойм. За результатами кластерного аналізу з урахуванням індексу *Ics*, голі аміби певних морфотипів формують два комплекси: перший – болотний, другий – заплавах водойм, озер і річок. Виявлено, що склад видів голих аміб різних морфотипів у заплавах водойм залежить від вмісту у воді органічних речовин, у озерах та болотах – від концентрації розчиненого у воді кисню, у річках – від температури води.

1. Набиванець Б. Й., Осадчий В. І., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б. Аналітична хімія поверхневих вод. Київ : Наукова думка, 2007. С. 85–300.
2. Пацюк М. К. Голі аміби Житомирського та Волинського Полісся (фауна, таксономія, екологія) : дис. ... канд. біол. наук: 03.00.08 / Нац. акад. наук України, Ін-т зоології ім. І. І. Шмальгаузена. Київ, 2012. 180 с.
3. Adl S. M., Simpson A. G. B., Lane C. E. et al. Revision to the classification, nomenclature and diversity of eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 2019. Vol. 66. P. 4–119.
4. Cavalier-Smith T., Chao E. E., Oates B. Molecular phylogeny of Amoebozoa and the evolutionary significance of the unikont *Phalansterium*. *European Journal of Protistology*. 2004. Vol. 40. P. 21–48. <https://doi.org/10.1111/jeu.12691>.
5. Cavalier-Smith T. A revised six-kingdom system of life. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 1998. Vol. 73. P. 203–266.
6. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4, Iss. 1, Art. 4. P. 1–9.

7. Page F. C., Siemansma F. J. Nackte Rhizopoda und Heliozoa (Protozoenfauna Band 2). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 1991. P. 3–170.
8. Patsyuk M. K. Tolerance of Naked Amoebas (Protista) to the Abiotic Factors. *Nature Montenegrina. Podgorica*. 2013. Vol. 12 (2). P. 319–323.
9. Patsyuk M. K. Morphotypes in Naked Amoebas (Protista): Distribution in Water Bodies of Zhytomyr and Volyn Polissia (Ukraine) and Possible Ecological Significance. *Vestnik zoologii*. 2014. Vol. 48 (6). P. 547–552. <https://doi.org/10.2478/vzoo-2014-0065>.
10. Smirnov A. Amoebas, Lobose. Encyclopedia of Microbiology. M. Schaechter (ed.). Oxford: Elsevier, 2008. P. 558–577. <https://doi.org/10.1016/B978-012373944-5.00359-X>.

References

1. Nabyvanets B. Y., Osadchyi V. I., Osadcha N. M., Nabyvanets Yu. B. Analitichna khimiia poverkhnevykh vod. Kyiv : Naukova dumka, 2007. S. 85–300. [in Ukrainian]
2. Patsiuk M. K. Holi ameby Zhytomyrskoho ta Volynskoho Polissia (fauna, taksonomiia, ekolohiia) : dys. ... kand. biol. nauk: 03.00.08 / Nats. akad. nauk Ukrainy, In-t zoolohii im. I. I. Shmalhauzena. Kyiv, 2012. 180 s. [in Ukrainian]
3. Adl S. M., Simpson A. G. B., Lane C. E. et al. Revision to the classification, nomenclature and diversity of eukaryotes. *Journal of Eucaryotic Microbiology*. 2019. Vol. 66. P. 4–119.
4. Cavalier-Smith T., Chao E. E., Oates B. Molecular phylogeny of Amoebozoa and the evolutionary significance of the unikont *Phalansterium*. *European Journal of Protistology*. 2004. Vol. 40. P. 21–48. <https://doi.org/10.1111/jeu.12691>.
5. Cavalier-Smith T. A revised six-kingdom system of life. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 1998. Vol. 73. P. 203–266.
6. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4, Iss. 1, Art. 4. P. 1–9.
7. Page F. C., Siemansma F. J. Nackte Rhizopoda und Heliozoa (Protozoenfauna Band 2). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 1991. P. 3–170.
8. Patsyuk M. K. Tolerance of Naked Amoebas (Protista) to the Abiotic Factors. *Nature Montenegrina. Podgorica*. 2013. Vol. 12 (2). P. 319–323.
9. Patsyuk M. K. Morphotypes in Naked Amoebas (Protista): Distribution in Water Bodies of Zhytomyr and Volyn Polissia (Ukraine) and Possible Ecological Significance. *Vestnik zoologii*. 2014. Vol. 48 (6). P. 547–552. <https://doi.org/10.2478/vzoo-2014-0065>.
10. Smirnov A. Amoebas, Lobose. Encyclopedia of Microbiology. M. Schaechter (ed.). Oxford: Elsevier, 2008. P. 558–577. <https://doi.org/10.1016/B978-012373944-5.00359-X>.

M. K. Patsyuk

Zhytomyr Ivan Franko State University, Ukraine

TAXONOMIC COMPOSITION OF NAKED AMOEBAE OF DIFFERENT MORPHOTYPES IN UKRAINIAN WATER BODIES

We've identified 14 distinct morphotypes of naked amoebae across various freshwater bodies in Ukraine. These include: Branched: *Rhizamoeba* sp. (1), *Rhizamoeba* sp. (2); Polytactic: *Amoeba proteus*, *Polychaos dubium*, *Deuteroamoeba mycophaga*; Monotactic/Monopodial: *Saccamoeba stagnicola*, *Saccamoeba limax*, *Saccamoeba wakulla*, *Saccamoeba* sp. (1), *Saccamoeba* sp. (2), *Saccamoeba* sp. (3); Striate: *Thecamoeba striata*, *Thecamoeba quadrilineata*, *Thecamoeba similis*, *Thecamoeba* sp.; Rugose: *Thecamoeba sphaeronucleolus*, *Thecamoeba verrucosa*, *Thecamoeba terricola*; Lingulate: *Stenamoeba stenopodia*; Lanceolate: *Paradermamoeba valamo*, *Paradermamoeba levis*; Mayorellian: *Mayorella cantabrigiensis*, *Mayorella vespertilioides*, *Mayorella penardi*, *Mayorella viridis*, *Mayorella* sp. (1), *Mayorella* sp. (2); Dactylopodial: *Korotnevella stella*, *Korotnevella diskophora*, *Vexillifera bacillipedes*; Fan-shaped: *Ripella platypodia*, *Ripella* sp., *Vannella lata*, *Vannella* sp.; Acanthopodial: *Acanthamoeba* sp.; Flamellian: *Pellita digitata*, *Flamella* sp.; Lens-like: *Cochliopodium minus*, *Cochliopodium actinophorum*; Eruptive: *Vahlkampfia avara*, *Vahlkampfia* sp. (1), *Vahlkampfia* sp. (2), *Vahlkampfia* sp. (3), *Willaertia magna*.

Rivers exhibited the highest diversity with all 14 morphotypes, while swamps had the fewest (9 morphotypes). Lakes and floodplain ponds each hosted 12 morphotypes. The Chekanovsky-Sørensen (Ics) index revealed a high degree of similarity in naked amoebae morphotypes among swamps, rivers, floodplain ponds, and lakes, with values ranging from 0.76 to 0.92. Cluster analysis, utilizing the Ics, organized the morphotypes into two distinct complexes. The first complex includes morphotypes found in swamps: lens-like, striate, lingulate, fan-shaped, mayorellian, dactylopodial, acanthopodial, branched, and eruptive. The second complex encompasses all identified amoebae morphotypes, characteristic of floodplain ponds, lakes, and rivers. The specific composition of naked amoeba morphotypes in Ukrainian water bodies is influenced by water temperature, dissolved oxygen concentration, and organic matter content (as determined by permanganate oxidation).

Key words: naked amoebae, fauna, biodiversity, morphotypes, water bodies, Ukraine.

Надійшла 24.03.2025.

RELATIONSHIP OF THE STRUCTURE, PROPERTIES AND MAIN FIELDS OF USE OF SUCRALOSE

The article analyzes the properties of sucralose and the main fields of application in industry. It is noted that sucralose is relatively easily excreted from the body. Basis on the analysis of the literature, it was established that the positive properties of sucralose include the following qualities, in particular, it doesn't penetrate the brain, doesn't increase blood sugar level (allows it to be used by people with diabetes), resistant to bacteria in the oral cavity (therefore does not cause caries). Sucralose is used in the food and pharmaceutical industry as a flavor sweetener, registered in Europe as a food additive E-995.

Prospective use is as a molecular marker for identification of pollution sources of natural water bodies. Scientists have established that such sugar substitutes as saccharin, aspartame and cyclamates decompose in the environment, and sucralose and its derivatives (salts and esters) were present in soil and wastewater, which is a sign of its accumulation in the environment. Bacterial strains performing the function of reductants will gradually decrease in the presence of sucralose, which will lead to a change in ecosystem. Given that bacterial colonies can convert sucralose into dichloraldehydes, which are toxic, it is necessary to investigate the impact on the life processes of organisms in the relevant water bodies. When processing library sources, it was found that sucralose suppresses the growth of roots, asexual reproduction of some river algae. This is what prompted us to analyze the literature on the properties of sucralose and the safety of its use in various industries.

Key words: sucralose, natural sugar substitutes, licorice root, steviol and its glycosides, tagatose, locust bean gum (E 410), low calorie sweetener.

Sucralose is an artificial sweetener that is more than 600 times sweeter than sugar. Sucralose was accidentally discovered in 1976 and after twenty years of testing was approved as a food additive. Currently, sucralose is the best sugar substitute and occupies a leading position in the United States of America. In Europe Sucralose is registered as a food additive E-995. This substance is often included in various sugar substitute mixtures. On the market the sweetener can be found under the names: Sucralose, Splenda, FitParad (2, 7, 9, 10, 11), Sladella, Milford Sucralose, Sunvision Sucralose, FillDay, Sladis Elit.

Sucralose (E 955) is dangerous when it is heated in dry form to temperatures above 125°C because harmful substances release. Long term use can cause a decrease in the body's immunity and diseases of the gastrointestinal tract. Therefore, determining the concentration of sucralose (E 995) in food products is important for determining the content of dissolved substances in the sample. In addition, the constant use of a sweetener causes problems with vision, memory and worsens the functioning of the brain. We justify this by the fact that the body does not have enough glucose.

The purpose of the article is to analyze the scientific literature on the structure, properties and safety of sucralose use in the food industry.

Task of the research is to justify ways of solving problems related to the presence of sucralose in beverages, as well as to its accumulation in the environment.

Methods and materials of research

Sucralose is one of the common and widely used synthetic sweetener [2–10]. This substance is a derivative of galactosucrose, in which three hydroxyl groups are replaced by chlorine atoms, according to the formula (Fig. 1).

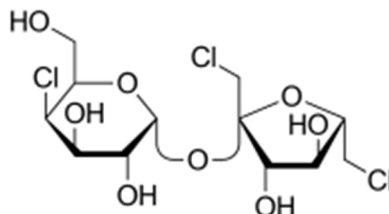
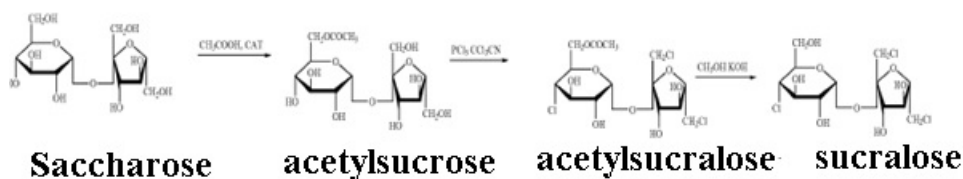


Fig. 1. Sucrose.

Discussion. According to its physical properties in the free state, sucralose is a shiny, white, odorless crystalline substance that is well soluble in water. It is believed the sucralose is sweeter than all known sugar substitutes, being twice as sweet as saccharin, three times as sweet as aspartame, and 600 to 1000 times sweeter than sugar.

Despite the fact that sucralose is a derivative of natural substances, it does not exist in nature, so it is obtained artificially. The starting material for the synthesis of sucralose is sucrose, and the production of sucralose takes place in several places:



At the same time toxic substances (diethylazodicarboxylate (Fig. 2), phosphorys, pentachloride, acetonitrile, methanol) are used as reagents, catalysts and solvents in the synthesis process.

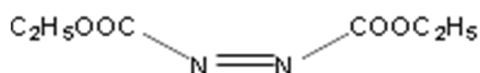


Fig. 2. Diethylazodicarboxylate.

According to its chemical properties, sucralose resembles chlorohydrins – products of halogenation of polyatomic alcohols. Sucralose is used in the food industry to give a sweet taste to drinks, confectionery products, in the production of non-alcoholic and alcoholic drinks, dairy desserts, canned and frozen fruits and vegetables, jams, bakery products, sauces, mayonnaise, marinades, breakfast cereals, dry mixtures (for cupcakes), chewing gums, etc. [1–2]. The use of this substance, which is a sugar substitute, three times sweeter than aspartame, twice as sweet as saccharin and a thousand times sweeter than sugar, helps to reduce the production cost of these goods due to their low cost (compared to sugar and the most common sugar substitutes).

In terms of sweetness, sucralose is inferior to the synthetic sugar substitutes neotame and lugdun, as well as the natural sugar substitute periraltin, used only in Japan. The permissible daily dose of consumption is up to 15 mg/kg of body weight [11–12]. Sucralose is recommended as a low-calorie dietary product for certain categories of patients (diabetes, obesity), as well as for fitness nutrition. In addition to this sucralose is used as a flavor sweetener in the food industry and an additional agent (taste corrector) in the production of medicine in the pharmaceutical industry.

At the same time, the wide use of sucralose, its fairly high stability, minimal biodegradation in the drainage system and treatment facilities, led researchers to think about the possibility of using this compound as a reliable molecular marker to identify the pollution sources of natural water reservoirs.

Moreover, due to its stability, sucralose and its derivatives can be used as components of anti-corrosion composites, both independently and as an additive to polymer, carbon and silicone materials. At the same time, the independent use of sucralose quaternary salts is possible for non-aqueous environments and fat soluble sucralose derivatives can perform a protective function in aqueous environments as well.

Although sucralose is considered by experts to be one of the safest sugar substitutes, which is allowed to use even by pregnant women and children, and sugar substitutes are one of the most carefully tested food additives, still multi-level studies are currently being conducted to assess their safety. Studies of these substances effects, and sucralose in particular, on the living organism are conducted regularly and are aimed at obtaining a sufficient amount of scientific data for confidence in the safety of these substances [13–15].

As a result of a number of studies, it was established that the use of low calorie sweeteners in diet carbonated drinks can contribute to metabolic deregulation, change the level of glucose, insulin and contribute to the possibility of obesity, metabolic syndrome and 2 type diabete. Consequently, additional research is needed to clarify the possible mechanisms of this effect. Along with it has been shown that sucralose passes from mother to child through breast milk.

Modern studies [16] showed the presence of new sucralose metabolites in both urine and feces of rats that were administered sucralose at a dose of 80 mg/kg of weight for 40 days. Both water soluble (quaternary salts) and fat soluble (esters) metabolites formed, and they were found in urine, feces and adipose tissue. The complete elimination of metabolites occurred only on the 54th day after the start of the experiment. The same study described the inhibition of the beneficial bacteria growth in the intestines, which stopped with the end of sucralose use. At the same time, the restoration of the previous rates of microflora growth occurred gradually.

In addition to certain biological effects of sucralose, which indicate that organochlorine sweeteners are metabolically active and can disrupt metabolism through a negative effect on the metabolism of thyroid hormones, the presence of its certain metabolites, the safety profile of which is not yet known, has been established. Besides this, testing using several different methods showed the presence of mutagenic properties of sucralose hydrolysis products, as well as the possibility of formation of potentially toxic compounds – dioxins and tetrachlorodibenzofurans under the influence of high temperatures. This factor manifests itself more intensively when using sucralose and its derivatives as components of anti-corrosion agents. Sucralose is widely used in human nutrition, including special diabetic sports due to its low calorie content and slow, cumulative participation in human metabolism. However, if sucralose is relatively safe for the human body, it can be dangerous for other participants of the trophic chains – soil and water organisms.

A group of scientists from North Carolina State University [17] showed that while other sugar substitutes such as saccharin, aspartame and cyclamates decompose in the environment, sucralose and its derivatives (salts and esters) were present in soil and wastewater, which is a sign of its accumulation in the environment. Concentration dependent inhibition of the growth of some bacterial strains performing the reductant function in the presence of sucralose was also shown. When the growth of bacterial strains is restrained and their population gradually decreases, it will lead to changes in trophic chains and, accordingly, in the entire ecosystem. Furthermore, bacterial colonies can convert sucralose into dichloraldehydes, which are toxic.

Another study showed that sucralose caused some biochemical and behavioral changes in *Daphnia magna* crustaceans (they are also used as aquarium fish food) related to a change in the activity of the enzyme acetylcholinesterase, an acceleration of fat peroxidation and an improvement in the absorption of free oxygen radicals. Also modern studies have shown the negative effects of sucralose on some river algae – suppression of root growth, asexual reproduction.

In view of the above, as well as the fact that the anticorrosive effect of sucralose and its derivatives, and the composite materials, a part of which they are, will also depend on the concentration of the sugar substitute, further research into the methods of identifying sucralose and its

transformation products is promising, and the development of methods quick and high quality analysis are important and relevant [17–22].

The main and most important way to solve the problem of the presence of sucralose and other sugar substitutes in drinks is to replace them with natural ones. The most common are: licorice root, steviol and its glycosides, tagatose, locust bean gum (E 410) – carob, perillartín.

1. **Licorice root** contains sweet-tasting substances – glycerizin and liquiritin. In addition, it contains salts of trace elements – calcium, potassium and magnesium (Fig. 3, 4).

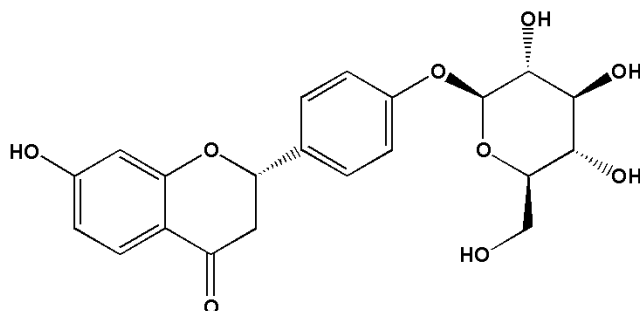


Fig. 3. Liquiritin.

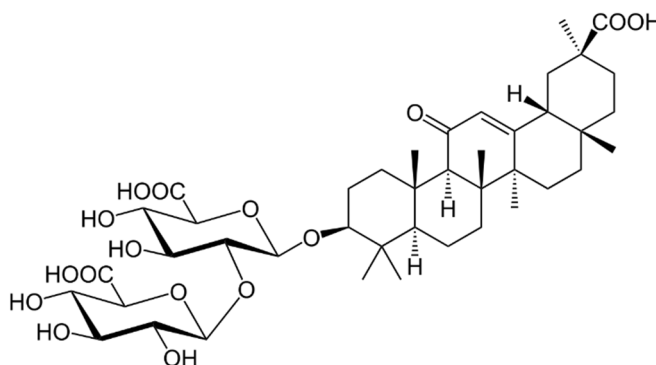


Fig. 4. Glycerizin.

Glycerizin is similar in composition to the steviol glycosides mentioned below.

2. **Steviol** and its glycosides are substances contained in the extract of the stevia plant. It is believed that the extract is 195 times sweeter than sugar (Fig. 5).

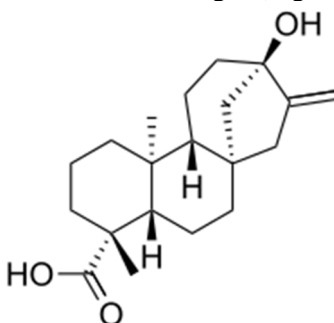


Fig. 5. Steviol.

Both substances can be actively used in the production in both beverages and confectionary products and in special nutrition.

3. **Tagatose**. The natural carbohydrate is isomeric to fructose and galactose. It is synthesized from them in the presence of calcium hydroxide. It is limited presence in fruits, cocoa and dairy products (Fig. 6).

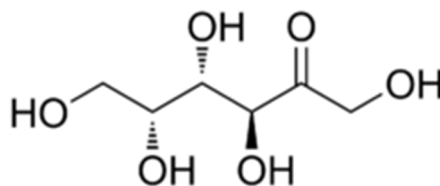


Рис. 6. Tagatose.

It is believed that its sweetness corresponds to 0.8 of the sucrose sweetness and since its metabolism differs from the metabolism of isomeric glucose and does not affect insulin secretion. The glycemic index of tagatose is three, which is lower than the values for glucose, fructose and galactose.

Thus, tagatose is a true carbohydrate of natural origin and can be used as a sugar substitute.

4. Locust bean gum (E 410) – kerob. A natural heteropolysaccharide found in Mediterranean acacia. Apart from the actual carbohydrate fragments, it also contains quinone-hydroquinone compounds – tannins, other derivatives of gallic acid. Given its poor solubility in water, it is better to use it for sweetening cakes and chewing gums. In addition to its own sweetness, carob also exhibits the stimulating properties of caffeine, without showing its negative effects, which makes its possible to adequately replace it in the diet.

Perilartin is a natural sugar substitute based on Japanese perilla. This is an oxime of perillaldehyde (Fig. 7 on the left), the sweetness of which is twice more than in sucralose. It is widely used in both the food and pharmaceutical industries.

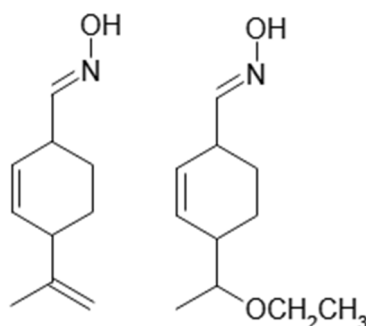


Fig. 7. Perilartin.

Perilartin's ether derivative is also used. Its sweetness is lower than that of sucralose and corresponds to aspartame. The disadvantage of perilartin is that Japanese perilla does not grow outside of Japan and accordingly, perilartin and its ether derivative are used only in Japan.

Results. The National Commission of Ukraine on the Codex Alimentarius and the Committee on Hygienic Regulation of the Ministry of Health of Ukraine hygienic standards for the content of the food additive sweetener E 995 (sucralose) and regulations for their use. (MDR) content of food additive sweetener E 995 in flavored non-alcoholic beverages based on water – 300.0 mg/kg; ice cream 320.0 - mg/kg; dairy desserts with reduced calorie content – 400.0 mg/kg; cocoa – 580.0 mg/kg; flavored alcoholic beverages – 700.0 mg.kg; candies of soft consistency – 1800 mg/kg; dietary supplements – 2400.0 mg/kg; chewing gum – 5000.0 mg/kg.

Conclusions

Therefore, the wide range of sucralose use in human nutrition makes the process of determining the concentration of this substance in various environments, as well as its extraction from wastewater and natural waters relevant. Further research will be directed at finding methods for determining sucralose.

1. Косів Р. Підсолоджувальні речовини: класифікація, властивості, застосування в технології безалкогольних напоїв. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. 2023. № 4 (18). С. 51–57.
2. Кравченко І. Й. Підходи до визначення оцінки та класифікації речовин із солодким смаком. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2020. Т. 26, № 1. С. 71–81.

3. Abou-Donia MB, El-Masry EM, Abdel-Rahman AA, McLendon RE, Schiffman SS. Splenda alters gut microflora and increases intestinal p-glycoprotein and cytochrome p-450 in male rats. *J Toxicol Environ Health*. 2008. Part A, 71 (21):1415–29. doi: 10.1080/15287390802328630. PMID: 18800291.
4. Bornemann V., Werness S. C., Buslinger L., & Schiffman S. S. Intestinal metabolism and bioaccumulation of sucralose in adipose tissue in the rat. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 2018. Part A, 81 (18), S. 913–923.
5. Durán Agüero S., Angarita Davila L., Escobar Contreras M. C., Rojas Gomez D., & de Assis Costa J. Noncaloric sweeteners in children: a controversial theme. *BioMed research international*. 2018. 4806534.
6. Durán Agüero, S., Angarita Davila L., Escobar Contreras M. C., Rojas Gomez D., & de Assis Costa J. Noncaloric sweeteners in children: a controversial theme. *BioMed research international*. 2018. (1). 4806534.
7. Ford HE, Peters V, Martin NM, Sleeth ML, Ghatei MA, Frost GS, Bloom SR. Effects of oral ingestion of sucralose on gut hormone response and appetite in healthy normal-weight subjects. *Eur J Clin Nutr*. 2011. 65(4). 508–513.
8. Risdon S., Battault S., Romo-Romo A., Roustit M., Briand L., Meyer G., ... & Walther G. Sucralose and cardiometabolic health: current understanding from receptors to clinical investigations. *Advances in Nutrition*. 2021. 12 (4). 1500–1513.
9. Schiffman S. S., Rother K. I. Sucralose, a synthetic organochlorine sweetener: overview of biological issues. *Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2013; 16 (7): 399–451.
10. Suez J., Korem T., Zeevi D., Zilberman-Schapira G., Thaiss C. A., Maza O., & Elinav E. Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature*. 2014. 514 (7521). 181–186.
11. Yunker A. G., Alves J. M., Luo S., Angelo B., DeFendis A., Pickering T. A., & Page K. A. Obesity and sex-related associations with differential effects of sucralose vs sucrose on appetite and reward processing: a randomized crossover trial. *JAMA network open*. 2021. 4 (9), 2126313-e2126313.

References

1. Kosiv R. Pidsolodzhualni rechovyny: klasyfikatsiia, vlastyvoli, zastosuvannia v tekhnologii bezalkoholnykh napoiv. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. Serii: Novi rishennia u suchasnykh tekhnolohiiakh. 2023. No 4 (18). S. 51–57. [in Ukrainian]
2. Kravchenko I. Y. Pidkhody do vyznachennia otsinky ta klasyfikatsii rechovyn iz solodkym smakom. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharkovskh tekhnolohii*. 2020. T. 26, No 1. S. 71–81. [in Ukrainian]
3. Abou-Donia MB, El-Masry EM, Abdel-Rahman AA, McLendon RE, Schiffman SS. Splenda alters gut microflora and increases intestinal p-glycoprotein and cytochrome p-450 in male rats. *J Toxicol Environ Health*. 2008. Part A, 71 (21):1415–29. doi: 10.1080/15287390802328630. PMID: 18800291.
4. Bornemann V., Werness S. C., Buslinger L., & Schiffman S. S. Intestinal metabolism and bioaccumulation of sucralose in adipose tissue in the rat. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 2018. Part A, 81 (18), S. 913–923.
5. Durán Agüero S., Angarita Davila L., Escobar Contreras M. C., Rojas Gomez D., & de Assis Costa J. Noncaloric sweeteners in children: a controversial theme. *BioMed research international*. 2018. 4806534.
6. Durán Agüero, S., Angarita Davila L., Escobar Contreras M. C., Rojas Gomez D., & de Assis Costa J. Noncaloric sweeteners in children: a controversial theme. *BioMed research international*. 2018. (1). 4806534.
7. Ford HE, Peters V, Martin NM, Sleeth ML, Ghatei MA, Frost GS, Bloom SR. Effects of oral ingestion of sucralose on gut hormone response and appetite in healthy normal-weight subjects. *Eur J Clin Nutr*. 2011. 65(4). 508–513.
8. Risdon S., Battault S., Romo-Romo A., Roustit M., Briand L., Meyer G., ... & Walther G. Sucralose and cardiometabolic health: current understanding from receptors to clinical investigations. *Advances in Nutrition*. 2021. 12 (4). 1500–1513.
9. Schiffman S. S., Rother K. I. Sucralose, a synthetic organochlorine sweetener: overview of biological issues. *Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2013; 16 (7): 399–451.
10. Suez J., Korem T., Zeevi D., Zilberman-Schapira G., Thaiss C. A., Maza O., & Elinav E. Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature*. 2014. 514 (7521). 181–186.
11. Yunker A. G., Alves J. M., Luo S., Angelo B., DeFendis A., Pickering T. A., & Page K. A. Obesity and sex-related associations with differential effects of sucralose vs sucrose on appetite and reward processing: a randomized crossover trial. *JAMA network open*. 2021. 4 (9), 2126313-e2126313.

¹І. М. Хмеляр, ¹Л. О. Кушнір, ²В. В. Ткач

¹Комунальний заклад вищої освіти «Рівненська медична академія»

²Чернівецький Національний університет імені Юрія Федьковича

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК БУДОВИ, ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ОСНОВНИХ ГАЛУЗЕЙ ВИКОРИСТАННЯ СУКРАЛОЗ

У статті проаналізовано властивості сукралози та основні галузі застосування в промисловості. Зазначено, що сукралоза відносно легко виводиться з організму. На основі аналізу літератури встановлено, що до позитивних властивостей сукралози науковці віднесли такі якості, зокрема: не проникає в мозок, не підвищує рівень цукру в крові (надає можливість вживати хворим на цукровий діабет), стійка до бактерій ротової порожнини (тому не викликає карієс). Сукралоза в харчовій та фармацевтичній промисловості в якості підсолоджувача смаку, зареєстрована в Європі – як харчова добавка E-955. Перспективне використання – як молекулярний маркер для ідентифікації джерел забруднення природних водойм. Науковцями встановлено, що такі цукрозамінники як сахарин, аспартам та цикламати розкладаються в навколишньому середовищі, то сукралоза та її похідні (солі та естери) були присутніми в ґрунтових та стічних водах, що є знаком її накопичення в навколишньому середовищі. Бактеріальні штами, що виконують функцію редуцентів, у присутності сукралози поступово зменшуватимуться, що призведе до зміни у екосистемі. Враховуючи те, що бактеріальні колонії можуть перетворювати сукралозу на дихлоральдегіди, які є в свою чергу токсичними, потрібно дослідити вплив на процеси життєдіяльності організмів у відповідних водоймах. При опрацюванні літературних джерел встановлено, що сукралоза пригнічує ріст коренів, безстатеве розмноження деяких річкових водоростей.

Саме це спонукало нас проаналізувати літературу про властивості сукралози та безпечність її використання у різних галузях промисловості.

Ключові слова: сукралоза, натуральні цукрозамінники, корінь солодки, стевіол та його глікозиди, тагатоza, камідь річкового дерева (E410), низькокалорійний підсолоджувач.

Надійшла 28.10.2024.

СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ БІОЕКОЛОГІЇ *FAGUS SILVATICA* L. СТРУКТУРИ ВІДНОВЛЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ БУКОВИХ НАСАДЖЕНЬ В КРЕМЕНЕЦЬКОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ

У статті викладено результати досліджень, проведених протягом 2021–2025 років з відновлення в природних умовах горбогір'я насадження культури бука звичайного (*Fagus sylvatica* (L.)), робота передбачена проєктом організації Кременецького ботанічного саду – формування комплексів раритетних фітоценозів за участю аборигенної рідкісної дендрофлори. У ході роботи з'ясовано стан букового насадження, проведена оцінка насіннєвого самовідновлення та формування насадження для створення штучного угруповання *F. sylvatica* під наметом деревостану.

Ключові слова: інтродукція, *Fagus sylvatica* L., лісовідновлення, підріст, біоценоз.

У західному регіоні України бук лісовий – одна з основних лісоутворювальних порід, яка формує високопродуктивні чисті та змішані лісостани, котрі мають велике господарське значення і виконують важливі біосферні функції.

Букові ліси ростуть на підвищених ділянках Тернопільського плато та утворюють суцільні масиви в південно-західній частині області, в інших місцях бук росте у вигляді острівців. Територія області віднесена до східної межі поширення бука в Європі, що проходить вздовж Кременеччини до верхів'я річки Збруч [2, 5].

Оскільки букові ліси мають важливе господарське, рекреаційне і наукове значення, а також через поступове скорочення їх площ, особливу увагу широкого кола науковців привертають роботи з відновлення букового лісостану. Пріоритет надається тим видам, які зростають у регіоні розміщення ботанічного саду і умови вирощування яких у культурі найбільше відповідають екологічним умовам зростання цих видів.

Мета дослідження полягає у вивченні біоекологічних особливостей, створення штучного угруповання виду *F. sylvatica* та аналізу природнього поновлення на території запланованого лісовідновлення.

Матеріали та методи досліджень

Територія ботанічного саду знаходиться у північній частині Тернопільської області, у якій окремо виділяється Гологоро-Кременецька ерозійна височина і перебуває в межах однієї геоморфологічної області – Волино-Подільської височини [2, 8].

Кременецькі гори згідно з системою геоботанічного районування віднесені до Опільсько-Кременецького геоботанічного округу букових, грабово-дубових лісів [2].

Ландшафти території ботанічного саду належать до Кременецьких гір із складним рельєфом та перепадами висот до 150 метрів (максимальна абсолютна відмітка в межах саду 399 метрів над рівнем моря, мінімальна – 255). Відповідно до кліматичного районування області територія ботанічного саду розташована у межах Північного кліматичного району, за даними агрокліматичного районування територія відноситься до підзони достатнього зволоження [3].

Результати польових та камеральних досліджень були опрацьовані протягом чотирьох років. На основі польових обстежень та відомчих даних подано особливості виділу, характеристику рельєфу, тип умов зростання. Для досягнення мети досліджень було застосовано загальнонауковий і лісівничий методи [1, 6, 7], які дозволили об'єднати різні аспекти досліджень, починаючи з бібліографічного пошуку і картографічного виділення місця досліджень, так і інших рекомендацій по культивуванню дендрозоофлори згідно з вимогами чинної нормативної бази з ведення лісовідновної діяльності [4].

З метою отримання загальних відомостей стосовно оцінки виокремленої ділянки застосовано рекогносцирувальне обстеження території відповідно до методичних рекомендацій НУБіП України за редакцією А. М. Чурілов [10].

Для аналізу флористичних та еколого-ценотичних особливостей використали напрацювання О. М. Корінько, І. М. Попадинця [5, 8]. Типи лісорослинних умов, типи лісу і деревостанів визначали за принципами лісівничо-екологічної класифікації П. С. Погребняка [9]. Для обліку природного поновлення у рівнинних умовах під наметом лісу використано методику Н. М. Горшеніна [1].

Результати досліджень та їх обговорення

З метою визначення та обґрунтування заходів щодо провадження і формування комплексів раритетних фітоценозів Кременецьких гір передбачено відновлення та створення букового насадження. Для проведення досліджень відповідно до матеріалів лісовпорядкування об'єктом обстеження виокремлено лісову ділянку, яка знаходиться на території Кременецького ботанічного саду у виділі 26. Особливості виділу вказують на тип лісорослинних умов Д2-бкД, у першому ярусі знаходиться бук лісовий у домішці ясена, граба, клена. На території виділу відмічене різновікове насіннєве самовідновлення бука. Дані таксаційного опису ділянки подано у табл. 1.

Таблиця 1

Лісівничо-таксаційна характеристика виділу 26

Номер виділу	Площа, га	Опис рослинності, особливості виділу (сучасний стан)	Тип умов	Вік дерев	Середня h, м/d, см	Повнота	Тип ландшафту	Клас естетичної оцінки
26	1,34	Лісові культури: 4Бук4Яс2Гр+Мод од. Д, Кл, Лп, Берест	Д2-бкД	70	17/26	0,6	А	1

Характеристика типу умов зростання [5]: свіжа букова діброва, поширена по всьому виділу. Рельєф: пологий схил. Ґрунти: сірі лісові, за механічним складом суглинкові. На ділянці зростання *F. sylvatica* встановлені ряди культур, які порушені внаслідок природного випадання дерев бука та другорядних порід (рис. 1).

Територія виділу обмежена лісовими дорогами та примикає до житлового масиву. Несе антропогенне навантаження – присутність старих лісових доріг та пішохідного руху (стежки).

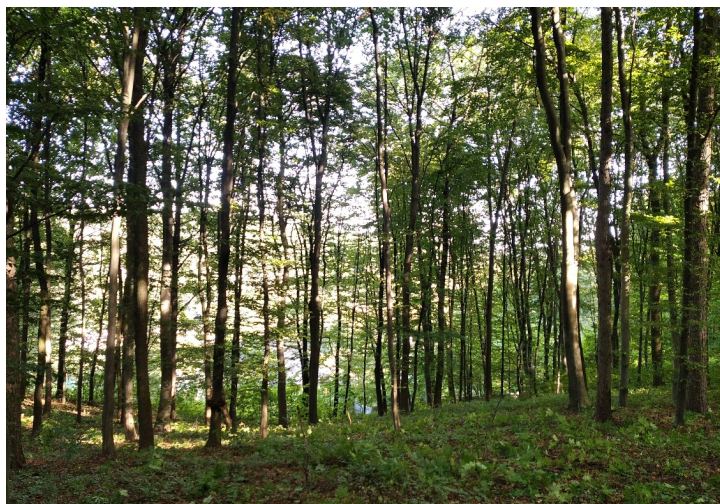


Рис. 1. Ділянка лісонасадження для проектування з лісовідновлення *F. sylvatica*.

Фітоценотична структура насадження *F. sylvatica* представлена двоярусним деревостаном – зімкнутість крон 0.6, утворений у першому ярусі буком лісовим (*F. sylvatica*), що становить 40 % від загальної кількості видів на ділянці, висотою сягає 20–25 м; ясенем звичайним (*Fraxinus excelsior* L.) – 40 %, h (15–20 м); а також грабом звичайним (*Carpinus betulus* L.) – 18 %, h (15–20 м); з включенням дуба звичайного (*Quercus robur* L.) та поодинокую модриною європейською (*Larix decidua* Mill.), що становлять 2 % насадження і сягають висоти 15–20 м. Другий ярус складає граб звичайний (*Carpinus betulus* L.) – 30 %, клен гостролистий (*Acer platanoides* L.) – 50 % із включенням липи дрібнолистої (*Tilia cordata* Mill.) та береста (*Ulmus minor* Mill.) – 20 %. Середня висота другого ярусу 10–15 м.

Підлісок утворений грабом звичайним (*Carpinus betulus* L.) – 30 %, кленом звичайним (*Acer platanoides* L.) – 60 %, бруслиною бородавчастою (*Euonymus verrucosa* L.) – 5 %, менше бруслиною європейською (*E. europaea* L.) – 4 % та поодинокую липою дрібнолистою (*Tilia cordata* Mill.) – 1 %. Висота підліску до 5 м.

Склад трав'яного покриву залежить від складу, віку та ступенів зімкнення верхніх ярусів лісу. Найбільш поширеними видами є зірочник ланцетоподібний (*Stellaria holostea* L.) – 30 %, яглиця звичайна (*Aegopodium podagraria* L.) – 20 %, гравілат міський (*Geum urbanum* L.) – 13 %, копитняк європейський (*Asarum europaeum* L.) – 12 %, чина весняна (*Lathyrus vernus* L.) – 8 %, медунка темна (*Pulmonaria obscura* Dumort.) – 6 %, осока волосиста (*Carex pilosa* Scop.) – 4 % підмаренник запашний (*Galium odoratum* (L.) Scop.) – 3 %, зеленчук жовтий (*Galeobdolon luteum* Huds.) – 3 %, рідше поширення має безщитник жіночий (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth.) – 1 %. Весняні ефемери: підсніжник звичайний (*Galanthus nivalis* L.) – 35 %, ряст порожнистий (*Corydalis cava* Schweigg. et. Korte.) – 30 %, анемона дібровна (*Anemone nemorosa* L.) – 35 %.

Видова насиченість ценозів бучини коливається у межах 27 видів. Загалом під деревостаном трав'яний покрив суцільний ярус не утворює. На кращих освітлених ділянках переважають світлолюбні види, в затемнених місцях – тіньовитривалі, на підвищеннях поширені ксерофіти.

На основі спостережень 2021–2024 рр. *F. sylvatica* в наших умовах біоморфу зберігає. Період вегетації починається в II–III декаді квітня і триває 189–193 дні. Приріст завершує в III декаді червня. Листки розпускаються з третьої декади квітня, осіннє забарвлення з'являється у кінці вересня – на початку жовтня, опадають листки у листопаді. Період цвітіння – квітень–травень, дозрівання насіння – вересень. Природне поновлення – насіннєве.

По відношенню до освітлення бук лісовий є факультативним геліофітом; до ґрунту – мезотроф і факультативний кальцієфіл; до кислотності ґрунту – нейтрофіл; до вологості – мезофіт [3, 4].

З метою планування заходів з відтворення букового насадження проведено обстеження для встановлення можливості природного самооновлення бука за методикою професора М. М. Горшеніна у рівнинних умовах під наметом лісу [1].

Відібрана територія для лісовідновлення належить до лісокультурної площі, де *F. sylvatica* є однією з головних лісоутворювальних порід з 40 відсотковою часткою. Горизонтальний профіль деревостану вказує на наявність прогалин між кронами, що є наслідком проведення рубок догляду. За лісівничо-таксаційним описом загальна площа виділу становить 1,34 га. При виконанні робіт ми охопили лише частину площі, яка мала достатнього самосіву бука. Підріст бука поширений по площі нерівномірно. Аналіз висотної структури відновлення свідчить, що під пологом деревостану домінує дрібна фракція підросту – 102 шт. (63 %), відповідно спостерігається середньовисотна група підросту – 57 шт. (35 %), а частка великого підросту становить лише 2 %.

Площа виокремленої ділянки має площу 0,10 га, вибране місце для майбутнього лісовідновлення. Облік самосіву проведено під наметом деревостану, шляхом встановлення характеру розміщення на площі, вікової та висотної структури, життєздатності. На рис. 2 зображено місця розміщення облікових площадок самосіву *F. sylvatica* під наметом лісу.



Рис. 2. Вигляд розташування облікових площадок природного поновлення (а – великий підріст з висотою до 1,5 м; б – середній до 0,6 м; в – дрібний до 0,25 м).

З метою вивчення природного поновлення на ділянці закладено 9 пробних площадок розміром 2х2 м. На них проведено суцільний перелік самосіву та підросту деревної породи із визначенням їх віку. Згідно з методикою за віком природне поновлення поділено на групи 1-річки, 2–3-річки, 4–7-річки, старше за 7 років рослин не виявлено. На кожній обліковій площадці зазначають мікрорельєф (мікропідвищення, мікропониження), у нашому випадку – місце з невеликим схилом крутизною до 10° північно-східної експозиції. Для характеристики впливу лісової підстилки на кількість сходів і підросту площадки групували за товщиною підстилки з градацією в 1 см, виділили дві групи з товщиною 1–2 см та 2–3 см. Ступінь проєктивного покриття трав'яною рослинністю встановлювали окомірно (зімкнутості травостою та підліску), усі площадки слабо зімкнуті (зімкнутість до 0,4).

За результатами природного поновлення складено табл. 2.

Згідно з обліками у 2023 році кількість однорічного самосіву з (висотою до 0,25 м) на пробних площах в середньому становила 202 рослини на 12 м². Підріст за віком 2–3 роки (висотою до 0,5 м) в середньому становив 118 рослин на 12 м². Так, підріст для вікової групи 4–

7 років (висотою до 1,5 м) в середньому – 11 рослин на 12 м². Якість підросту узагальнено охарактеризували – з нормальною життєздатністю.

Аналізуючи дані у період 2024 року кількість однорічного самосіву з (висотою до 0,25 м) на пробних площах в середньому становив 304 рослини на 12 м². Підріст за віком 2–3 роки (висотою до 0,5 м) в середньому становив 175 рослин на 12 м². Так, підріст для вікової групи 4–7 років (висотою до 1,5 м) в середньому – 15 рослин на 12 м². Якість підросту узагальнено охарактеризували – з нормальною життєздатністю.

Таблиця 2

Характеристика пробних площ природного поновлення під наметом букового насадження за 2023–2024 роки

Номер виділу	Площа, га	Опис рослинності особливості виділу	Тип умов зростання	За віком підріст	Пробні площі	За висотою	За станом категорії життєздатності	К-сть підросту, шт		За густотою	Спосіб лісовідновлення	Товщина лісової підстилки
								2023 рік	2024 рік			
								Встановлено підросту по групах				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
26	0,1 га	Лісові культури: 4Бук4Яс2Гр+Мод од. Д,Кл, Лп, Берест невеликий схил до 10°	Д2- бкД	1-річки	№ 1	Дрібний, до 0,25 м	3 нормальною життєздатністю	460	620	Дуже густе	Природний самосів	1-2 см
					№ 2	Дрібний, до 0,25 м		120	235	Середнє		1-2 см
					№ 3	Дрібний, до 0,25 м		26	58	Рідке		1-2 см
				2-3 річки	№ 4	Середній, до 0,5 м		260	320	Густе		1-2 см
					№ 5	Середній, до 0,5 м		76	162	Середнє		1-2 см
					№ 6	Середній, до 0,5 м		19	45	Рідке		1-2 см
				4-7 річки	№ 7	Великий, до 1,5 м		19	21	Рідке		2-3 см
					№ 8	Великий, до 1,5 м		9	16	Рідке		2-3 см
					№ 9	Великий, до 1,5 м		5	9	Рідке		2-3 см

За підсумками дворічних даних результатів обліку природного поновлення (табл. 2) на пробних площах встановлено, що кількість самосіву збільшується: однорічного самосіву з (висотою до 0,25 м) на 102 одиниці; підріст за віком 2–3 роки (висотою до 0,5 м) на 57 одиниць; для вікової групи 4–7 років (висотою до 1,5 м) на 4 одиниці.

Виходячи з отриманих даних, прослідковуємо збільшення самосіву. На нашу думку, до позитивних наслідків привело видалення самосіву другорядних порід (*Acer platanoides* L., *Carpinus betulus* L.). Переважна більшість сходів гинула у перший рік життя через надмірне затінення підліском та з інших причин. Таким чином, на природне лісовідновлення площі ми орієнтуємося за наявності дуже густого і густого природного поновлення з рівномірним і відносно-рівномірним розташуванням на площі. У нашому випадку мають відповідну густоту лише 4 пробні площі (1, 2, 4, 5). За успішністю поновлення територію насадження можна оцінити як задовільна [1].

У ході поступової роботи з метою покращення стану насадження було проведене розчищення території від захаращеності та видалення шляхом вирізування самосіву

другорядних порід. Розчищена площа дала можливість, починаючи з 2023 року, на території 26 виділу провести часткове висаджування рослин з метою збільшення видової частки бука лісового. Для цього використано попередньо вирощені саджанці віком 3–7 років, висотою від 21 – до 160 см, діаметром прикореневої шийки 5–8 см, проєкцією крон 20x40 – 20x75 см. Посадковий матеріал накопичувався з 2021 року з взятих у споріднених прилеглих до саду територій. Штучне лісовідновлення на ділянці проводилось за схемою висадження саджанців у три ряди з відстанню між рослинами 4x4 м, кількість рослин у ряду десять. Відстань між рядами садивних місць та крок садіння рослин у рядах залежить від біологічних особливостей деревних порід, ґрунтово-кліматичних особливостей Лісостепової лісорослинної зони. Загальна кількість висаджених саджанців нараховує 30 штук, площа склала 480 м². У 2024 році за цією ж схемою на виокремленій ділянці досаджено ще 6 рядів по 10 рослин в кожному (960 м²), взяті з підліску 26 виділу (рис. 3).



Рис. 3. Лісовідновлення бука на ділянці у період 2024 року.

Станом на грудень 2024 року на виокремленій ділянці зростає 90 саджанців висадженого бука лісового, які зайняли 1440 м² площі.

У наступні роки заплановано впровадження лісогосподарських заходів, подальше дослідження та розширення ділянки лісовідновлення *F. sylvatica* у 26 виділі.

Висновки

Значна територія ботанічного саду зайнята лісами штучного походження, виділ 26 входить до переліку ділянок проєктних розробок та підлягає частковій реконструкції. Відповідно до стратегії розвитку передбачено формування комплексів раритетних фітоценозів за участю аборигенної рідкісної дендрофлори в умовах Кременецького горбогір'я. У цих умовах уперше проводяться комплексні дослідження біоекологічних особливостей *F. sylvatica*, з'ясовують закономірності їх індивідуального росту і розвитку, а також вивчають динаміку лісовідновлення букового насадження під наметом лісу. З метою отримання загальних відомостей стосовно оцінки виокремленої ділянки застосовано рекогносцирувальне обстеження території відповідно до методичних рекомендацій.

Встановлено можливості природного самооновлення бука за методикою професора М. М. Горшеніна під наметом деревостану, закладено дев'ять постійних пробних площ для обліку букового самосіву. Стан природного поновлення бука у 26 виділі можна віднести до задовільного. *Fagus sylvatica* плодоносить періодично, однак рясні врожаї бувають залежно від погодних умов раз у 2–6 років. Визначальним екологічним чинником, що впливає на збереження, ріст і розвиток самосіву й підросту бука, є низька освітленість, що призводить до поступової загибелі самосіву на третьому-п'ятому році життя. Негативно на життєздатність самосіву під час вегетаційного періоду впливає температурний режим, недостатність зволоження повітря і ґрунту, вразливість до весняних і осінніх заморозків.

Проведено реалізацію заходів з відтворення корінного насадження шляхом штучного ведення культури бука, що дає змогу зберегти лісові генетичні ресурси, які є важливою складовою частиною проблеми охорони й відтворення біорізноманіття.

1. Горшенін Н. М., Швиденко А. І. Лісівництво : навч. посіб. Львів : Вища школа, 1977. 362 с.
2. Дідух Я. П., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Геоботанічне районування України та суміжних територій. *Український ботанічний журнал*. 2003. 60, № 1. С. 6–17.
3. Заїменко Н. В., Лісничук А. М., Шумик М. І., Пилипчук В. В., Льодок В. С. Проект організації території Кременецького ботанічного саду. Київ, 2019. 210 с.
4. Інструкція з впорядкування лісового фонду України. Ч. 1. Польові роботи : затв. наказом Українського державного проєктного лісовпорядного. вир. об. від 18.07. 2022 р. № 34. Ірпінь, 2022. С. 85.
5. Корінко О. М. Букові ліси Подільської височини (флористичні та еколого-ценотичні особливості, наукові основи охорони) : автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ, 2004. 182 с.
6. Миронюк В. В., Свинчук В. А., Лялін О. І. Лісова таксація : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 99 с.
7. Олійник В. С. Вітер Р. М. Лісознавство : курс лекцій. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2011. 264 с.
8. Попадинець І. М. Стан, продуктивність та відтворення букових насаджень на Західному Поділлі : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Львів, 2002. 20 с.
9. Погребняк П. С. Лісова екологія і типологія лісів. Вибрані праці. Київ : Наук. думка, 1993. 496 с.
10. Чурілов А. М. Особливості вивчення рослинного покриву лісів : навч. посіб. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2019. 103 с.

References

1. Horshenin N. M., Shvydenko A. I. Lisivnytstvo : navch. posib. Lviv : Vyshcha shkola, 1977. 362 s. [in Ukrainian]
2. Didukh Ya. P., Sheliah-Sosonko Yu. R. Neobotanichne rayonuvannia Ukrainy ta sumizhnykh terytorii. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*. 2003. 60, No 1. S. 6–17. [in Ukrainian]
3. Zaimenko N. V., Lisnichuk A. M., Shumyk M. I., Pylypchuk V. V., Lodok V. S. Proiekt orhanizatsii terytorii Kremenetskoho botanichnoho sadu. Kyiv, 2019. 210 s. [in Ukrainian]
4. Instrukttsiia z vporiadkuvannia lisovoho fondu Ukrainy. Ch. 1. Polovi roboty : zatv. nakazom Ukrainskoho derzhavnoho proiektnoho lisovporiadnoho. vyr. ob. vid 18.07. 2022 r. No 34. Irpin, 2022. S. 85. [in Ukrainian]
5. Korinko O. M. Bukovi lisy Podilskoi vysochyny (florystychni ta ekoloho-tsenotychni soblyvosti, naukovy osnovy okhorony) : avtoref. dys. ... kand. biol. nauk. Kyiv, 2004. 182 s. [in Ukrainian]
6. Myroniuk V. V., Svynchuk V. A., Lialin O. I. Lisova taksatsiia : navch. posib. Kharkiv : KhNUMH im. O. M. Beketova, 2017. 99 s. [in Ukrainian]
7. Oliynyk V. S. Viter R. M. Lisoznavstvo : kurs lektzii. Ivano-Frankivsk : Symfoniia forte, 2011. 264 s. [in Ukrainian]
8. Popadynets I. M. Stan, produktyvnist ta vidtvorennia bukovykh nasadzhen na Zakhidnomu Podilli : avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk. Lviv, 2002. 20 s. [in Ukrainian]
9. Pohrebniak P. S. Lisova ekolohiia i typolohiia lisiv. Vybrani pratsi. Kyiv : Nauk. dumka, 1993. 496 s. [in Ukrainian]
10. Churilov A. M. Osoblyvosti vyvchennia roslynnoho pokryvu lisiv : navch. posib. Kyiv : Vydavnychy tsentr NUBiP Ukrainy, 2019. 103 s. [in Ukrainian]

O. O. Vasylyuk, S. S. Yevsikova

Kremenets Botanical Garden, Ukraine

CURRENT RESEARCH ON THE BIOECOLOGY OF *FAGUS SYLVATICA* L., STRUCTURE OF REGENERATION AND USE OF BEECH PLANTINGS IN THE KREMENETS BOTANICAL GARDEN

This article presents the findings of a research project conducted from 2021 to 2025, focused on restoring common beech (*Fagus sylvatica* L.). Plantations in the hilly terrain of the Kremenets Botanical Garden. This work aligns with the Garden's broader initiative to establish rare phytocoenoses featuring native rare dendroflora. Our research assessed the current condition of the

beech plantation, evaluated its natural seed regeneration, and included an attempt at artificial regeneration. To conduct this research, we surveyed a forest plot within Allotment 26 of the Kremenets Botanical Garden, using existing forest management data. We characterized the silvicultural, taxonomic, and phytocoenotic structure of the *F. sylvatica* plantation and studied its growth conditions. To plan for the plantation's reproduction, we assessed the potential for natural beech self-renewal under the forest canopy, following Professor M. M. Gorshenin's methodology for flat areas. The selected reforestation area is a silvicultural zone where *F. sylvatica* is a key forest-forming species, accounting for 40 % of the tree composition. The total area of Allotment 26 is 1.34 hectares, with the isolated forest covering 0.1 hectares. To study natural regeneration, we established nine 2x2 meter test plots. On these plots, we conducted a complete inventory of self-seeded saplings and undergrowth of the main tree species, determining their ages. Summarizing two years of natural regeneration data from these plots revealed an increase in self-seeding: one-year-olds (up to 0.25 m high): increased by 102 units; two-to-three-year-old undergrowth (up to 0.5 m high): increased by 57 units; four-to-seven-year-old age group (up to 1.5 m high): increased by 4 units.

To enhance the species diversity within the beech plantation, we also undertook artificial reforestation. As of December 2024, 90 seedlings have been planted across an area of 1,440 m².

Key words: introduction, *Fagus sylvatica* L., reforestation, undergrowth, biocenosis.

Надійшла 18.04.2025.

УДК 632.76:633.15](477.84)

doi: 10.25128/2078-2357.25.1–2.5

С. С. ПОХИЛА, Г. М. ГОЛІНЕЙ, М. З. ПРОКОП'ЯК, М. А. КРИЖАНОВСЬКА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

e-mail: halyna.holiney@gmail.com

АНАЛІЗ ПОШИРЕННЯ *DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA* (LeCONTE, 1868) В ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Досліджено стан посівів *Zea mays* у Тернопільській області та заселення їх шкідниками. Проаналізовано біологію та поширення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera*) в Україні і в Тернопільській області. Станом на 2023 р. присутність шкідника зафіксовано у 18 областях України, що підкреслює важливість фітосанітарного моніторингу. Найбільші площі заселення визначено у Чернівецькій, Закарпатській і Миколаївській областях. Вперше виявлено *D. virgifera virgifera* у 2023 році в Полтавській та Чернігівській областях. На посівах кукурудзи у Кременецькому районі Тернопільської області виявлено шведську муху, яка пошкоджувала листки, викликаючи їх деформацію та пожовтіння, і стеблового кукурудзяного метелика, літ якого спостерігався у липні. Проаналізовано залежність поширення шкідників від температури та вологості повітря. Інвазійні види, зокрема західний кукурудзяний жук, є серйозною загрозою для формування врожайності та якості зеленої маси і зерна кукурудзи.

Ключові слова: *Zea mays* L., західний кукурудзяний жук, поширення, фітосанітарний стан, заселення шкідником.

Зростання міждержавних торгово-економічних відносин щороку сприяє збільшенню обсягів імпорту та експорту рослинної продукції, створюючи сприятливі умови для появи в Україні нових адвентивних видів. Інвазійні комахи негативно впливають на врожайність сільськогосподарських культур, підвищують витрати на заходи боротьби зі шкідниками та збільшують залежність від застосування пестицидів.

Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з найпоширеніших і найважливіших сільськогосподарських культур у світі завдяки високій поживній цінності та широкому спектру застосування. На її основі виробляють концентровані корми, а також використовують її зелену масу на силос для тваринництва. Зерно кукурудзи багате на поживні речовини, містить 9–12 % білків, 65–70 % вуглеводів, 4–8 % олії та 1,5 % мінеральних речовин. Кукурудза також цінна як продовольча культура: з її зародків виготовляють олію з лікувальними властивостями, а зі стебел – клей, папір, фарби, штучні смоли та інші матеріали [3].

Однією з головних перешкод для формування високої врожайності кукурудзи є вплив шкідників, які суттєво знижують продуктивність і якість насіння. В Україні налічується близько 200 видів комах, які пошкоджують *Z. mays*. Серед найпоширеніших шкідників виділяють бавовняну та озиму совки, стеблового кукурудзяного метелика, західного кукурудзяного жука, ковалика посівного, шведську муху та ін.

Особливо негативний вплив на врожайність кукурудзи спричиняє західний кукурудзяний жук (ЗКЖ) (*Diabrotica virgifera virgifera* (LeConte, 1868)) – небезпечний карантинний шкідник. Дорослі жуки пошкоджують волоть, стовпчики жіночих суцвіть, листя, а іноді обгризають молоді качани. Личинки харчуються корінням кукурудзи, що спричиняє суттєве зменшення кореневої маси та вилягання рослин. Окрім цього, жуки та личинки *D. virgifera virgifera* є переносниками збудників грибкових, бактеріальних і вірусних хвороб [1]. З кожним роком ареал його розповсюдження збільшується. Відомо, що шкідник може поширюватися мінімум на 50 км щороку [10].

Моніторинг поширення шкідників кукурудзи, зокрема західного кукурудзяного жука, є актуальним завданням, яке включає визначення особливостей їхнього розповсюдження, причин зростання чисельності та розробку заходів для обмеження подальшого поширення. Основою будь-якої системи захисту рослин є сучасний фітосанітарний моніторинг, який передбачає збір, накопичення, аналіз і використання фітосанітарної, зокрема карантинної, інформації для цілеспрямованого та ефективного проведення відповідних заходів.

Метою цього дослідження було вивчення стану посівів кукурудзи (*Z. mays*) на території Тернопільської області, оцінка рівня їх заселення шкідниками з класу Комахи (Insecta), особливо *D. virgifera virgifera*, а також аналіз біологічних особливостей і закономірностей поширення представників цього виду.

Матеріали та методи досліджень

У роботі узагальнено результати фітосанітарного моніторингу поширення західного кукурудзяного жука впродовж 2019–2023 рр. на території України загалом і Тернопільської області зокрема за даними Управління фітосанітарної безпеки Головного управління Держпродспоживслужби в Тернопільській області.

Вивчення ЗКЖ проводили на посівах кукурудзи (*Z. mays*) сортів «Карпатіс» і «Кавалер» фермерського господарства, розташованого в селах Бірки та Соснівка Кременецького району Тернопільської області. Обстеження посівів здійснювали на початку, у середині та наприкінці кожного місяця досліджуваного періоду (з травня по серпень) на ділянці площею 1000 м². Спостереження розпочали після посіву кукурудзи. Технологія вирощування включала подрібнення стеблових і кореневих решток важкими дисковими боронами восени відразу після збирання попередника, після чого – оранку плугами загального призначення на глибину 27 см. У березні після підсихання верхнього шару ґрунту проводили боронування з метою закриття вологи. У травні здійснювали дискування перед посівом кукурудзи на глибину 10–15 см, що забезпечило часткове перемішування ґрунту, знищення бур'янів і руйнування брил. Перед культивуванням вносили мінеральне добриво карбамід із розрахунком 250 кг на гектар. Посів кукурудзи проводили сівалкою із шириною міжряддя 70 см. Норма висіву 80 тисяч насінин на 1 га, глибина загортання насіння 3–4 см. Також під час посіву сівалкою вносили мінеральне добриво нітроамофоска у кількості 100 кг на 1 гектар. Терміни посіву – з 5 по 12 травня 2023 р. Відразу було проведено обробку ґрунтовым гербіцидом «Примекстра Голд 720 SC к. с.» і «Каллісто 480 SC, к. с.». У фазі росту 7–8 листків внесено 3 кг на 1 гектар рідкого добрива сульфату цинку.

Вивчення ЗКЖ також здійснювали на посівах кукурудзи присадибної ділянки с. Полівці Чортківського району Тернопільської області. Дослідження проводили методом маршрутних обстежень, за допомогою візуальних оглядів рослин і застосування синтетичних статевих феромонів у посівах кукурудзи. Перевірка феромонних пасток відбувалася шляхом відбору комах на фільтрувальний папір, у пробірки або чашки Петрі. Для ідентифікації видів комах використовували спеціальні визначники [8].

Результати досліджень та обговорення

В Україні ЗКЖ вперше зареєстрували на Закарпатті у 2001 році. За даними Управління фітосанітарної безпеки Головного управління Держпродспоживслужби в Тернопільській області станом на 2023 рік шкідника виявлено в 18 областях України, 65 районах, загальною площею 138583,2727 га (табл.).

Таблиця

Площа заселення земель* України західним кукурудзяним жуком (*D. virgifera virgifera*), га

№	Область	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
1	Вінницька	3763,0400	4231,0207	4500,1107	4523,4107	5176,7921
2	Волинська	430,2376	430,2376	430,2376	430,2376	469,9276
3	Дніпропетровська	-	-	-	257	395,48
4	Житомирська	714,2600	767,26	1248,1	1466,54	1830,23
5	Закарпатська	14148,0000	14148	16400	16400	16400
6	Івано-Франківська	7440,4700	5455,44	1999,4	2045,65	416,03
7	Київська	1407,6000	2661,1	2711,1	2903,14	4495,71
8	Кіровоградська	2054,6000	4148,86	6384,12	7555,92	8296,67
9	Львівська	4043,7700	4580,17	4827,27	5299,72	5513,603
10	Миколаївська	19070,2500	19906,25	26188,63	28524,03	16514,28
11	Одеська	1662,5300	2361,03	2687,91	3139,61	4278,51
12	Полтавська	-	-	-	-	445,31
13	Рівненська	1379,7300	1439,73	1439,73	1439,73	1960,62
14	Тернопільська	7865,0000	7990	8090	8190	8390,00
15	Хмельницька	3439,0900	4183,91	4183,91	4183,91	4746,6
16	Черкаська	585,2900	1634,19	2160,89	2121,72	3610,08
17	Чернівецька	55197,1300	55287,13	55287,13	55287,13	55378,13
18	Чернігівська	-	-	-	-	265,3
Усього:		123200,9976	129224,3283	138693,5383	144167,7483	138583,2727

Примітка. Площа заселених земель включає поширення карантинного об'єкту на присадибних ділянках, у господарствах усіх форм власності та інших землях [6].

Загальна площа земель України, заселених ЗКЖ, за період 2019–2023 років мала тенденцію до зростання, досягнувши піку у 2022 році. У 2023 році відбулося зниження зазначених вище площ до 138583,2727 га. Упродовж 2019–2023 рр. Чернівецька область посідає перше місце, зберігаючи стабільно високий рівень заселення шкідником посівів кукурудзи (понад 55000 га). У Закарпатській області також виявлено значні площі заселення ЗКЖ (16400 га з 2021 року без змін). Значні показники поширення *D. virgifera virgifera* у Миколаївській області, проте у 2023 році цей показник знизився у 1,7 рази, порівнюючи з 2022 р. У Кіровоградській області відзначається стрімке зростання площ заселення – з 2054,6 га у 2019 році до 8296,67 га у 2023 році, а у Житомирській області площа зросла більше ніж удвічі за період 2019–2023 рр. У Тернопільській, Хмельницькій і Вінницькій областях площі заселення ЗКЖ зростають повільно, зберігаючи незначний приріст. В Івано-Франківській області показано значне зменшення площ заселення шкідником майже у 18 разів, порівнюючи з 2019 р. [6].

Незважаючи на зниження загального показника площ заселення *D. virgifera virgifera* по Україні, цього шкідника впродовж 2023 р. було зафіксовано вперше у Полтавській і Чернігівській областях. Для деяких областей дані не були доступні в окремі роки, що ускладнює аналіз загальної тенденції для цих регіонів.

Поширення ЗКЖ залишається серйозною проблемою для низки областей України, особливо для Чернівецької, Закарпатської, Миколаївської та Кіровоградської. Зменшення площ ураження, ймовірно, є результатом комплексного впливу заходів боротьби зі шкідником, природних факторів і змін у веденні сільського господарства. Для більш детального аналізу необхідно врахувати регіональні особливості, кліматичні умови та специфіку агротехнічних заходів, застосованих у кожній області. В областях, які знаходяться ближче до зони бойових дій або зазнали впливу військової агресії, сільське господарство могло суттєво скоротитися, що призвело до зниження площ, заселених шкідником. Зміна логістики, трудових ресурсів і пріоритетів обробітку земель могла вплинути на загальну динаміку поширення ЗКЖ.

Проаналізувавши показники заселення територій ЗКЖ у 2023 р в усіх областях України у порядку зниження, виявлено, що Тернопільська область зайняла четверте місце. У результаті спостережень у 2023 р на полях фермерського господарства у селах Соснівка та Бірки Кременецького району Тернопільської області були ідентифіковані західний кукурудзяний жук, шведська муха (*Oscinella* Becker, 1909) і стебловий кукурудзяний метелик (*Ostrinia nubilalis* Hübner). У фазі 3–4 листків рослин виявлено на посівах кукурудзи шведську муху. Ознакою наявності шкідника були пошкоджені листки уздовж центральної жилки, що призводило до їх деформації та пожовтіння у вигляді довгастих плям. На стадії п'ятого листка рослини ці uszkodження втрачають візуальну помітність.

Літ стеблового кукурудзяного метелика почався в десятих числах липня, коли були помічені перші особини. Їхній літ співпав із початком викидання волоті кукурудзи. У другій половині липня через зниження температури та дощі зупинилися яйцекладка та розвиток метелика. Гусениці метелика були виявлені в середині серпня. Наприкінці льоту, при обстеженні площі 1000 м², було знайдено вісім особин стеблового кукурудзяного метелика.

Личинки західного кукурудзяного жука були зафіксовані у ґрунті в зонах поширення ушкоджених і пожовклих рослин у період із червня до початку липня. Візуальне виявлення дорослих жуків (імаго) на кукурудзі розпочалося в першій декаді липня; основну увагу приділяли огляду пазух листків, волоті, стовпчиків з приймочками, стебел і качанів у стадії молочно-воскової стиглості. На початку спостережень відзначали невелику чисельність шкідника в агроценозі кукурудзи, пошкодження кореневої системи були незначними. Під час початкового обстеження було зафіксовано один екземпляр на 25 рослин. Пік чисельності спостерігали в третій декаді липня – першій декаді серпня, коли на 15 рослин припадав один екземпляр шкідника. Після максимального льоту імаго чисельність поступово зменшувалася. У другій декаді серпня інтенсивність льоту знизилася до 20,5 %. Упродовж двох тижнів після початку льоту самки почали відкладати яйця. Характерною ознакою ураження посівів західним кукурудзяним жуком наприкінці літа є вилягання рослин кукурудзи.

Господарством було прийняте рішення провести обробку посівів кукурудзи препаратом Оперкот Акро (імідаклоприд, 300 г/л, лямбда-цигалотрин, 100 г/л) – норма 0,15 л/га + Ранчо (клотіанідин, 480 г/л) – норма 0,05 л/га – інсектициди системної та контактної-кишкової дії. Використання цього препарату на кукурудзі проти західного кукурудзяного жука дає водночас контроль над іншими шкідниками, такими як кукурудзяний стебловий метелик, совки, попелиці й ін. На сьомий день після хімічного обробітку *Z. mays* було проведено обстеження посівів, під час якого ЗКЖ на кукурудзі не виявлено.

Поширення шкідника спостережено і в інших районах області. *D. virgifera virgifera* виявлено на посівах кукурудзи на присадибній ділянці с. Полівці Чортківського району Тернопільської області. Було ідентифіковано імаго на посівах у вересні (рис. 1).



А



Б

Рис. 1. Самка (А) і самець (Б) *D. virgifera virgifera* на рослинах кукурудзи присадибної ділянки с. Полівці Чортківського району Тернопільської області.

Відомо з літературних джерел, що імаго виходять із ґрунту з другої декади липня, що збігається з періодом цвітіння кукурудзи (рис. 2). Вони найбільш активні у сутінках і на світанку. Жук, мігруючи у пошуках їжі, віддає перевагу кукурудзяним полям, які приваблюють його запахом і кольором (середня швидкість пересування шкідника становить 90 км за рік) [4]. Імаго вигризають нитки на приймочках маточок качанів і пиляки на волотях. Вони пошкоджують молоде насіння на верхівках качанів і вигризають паренхіму між листовими жилками. Знижується кількість зерен, а отже, і врожайність. Тривалість життя самки становить 20–125 днів, вона може відкласти у ґрунт 500–1000 яєць. Дорослі особини віддають перевагу температурі вище за $+11^{\circ}\text{C}$ і вологим полям. Низький тепловий показник, дренаж, розпушення ґрунту ведуть до загибелі яєць [2, 7, 9].

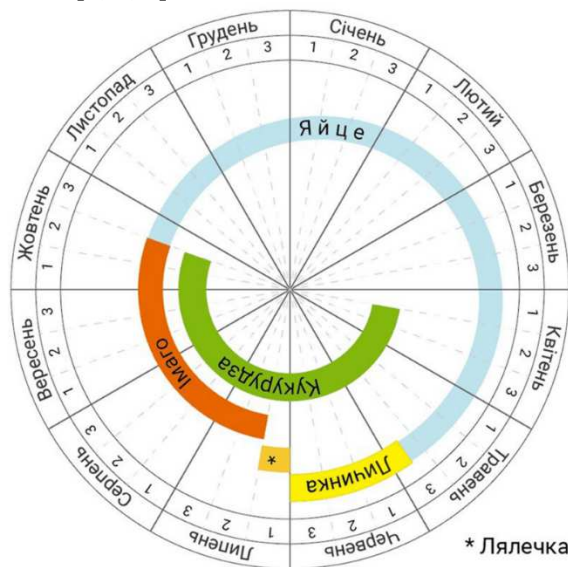


Рис. 2. Фенологічний календар розвитку *D. virgifera virgifera* [5].

Поширення ЗКЖ залежить від метеорологічних умов. Імовірно, швидкому розселенню ЗКЖ на території Тернопільської області сприяли погодні умови. Аналіз даних свідчить, що середньорічні температури в Тернопільській області протягом останніх п'яти років варіюють від $+7,8^{\circ}\text{C}$ до $+10,7^{\circ}\text{C}$, що створює умови для адаптації та поширення західного кукурудзяного жука. Середні температури липня-серпня 2019–2023 років коливалися між $+19,3^{\circ}\text{C}$ і $+23,7^{\circ}\text{C}$, що сприяло активному розселенню шкідника, оскільки найбільш інтенсивне його розмноження відбувається за температури повітря $+22^{\circ}\text{C}$ – $+29^{\circ}\text{C}$. Зимові температури також мають велике значення, оскільки яйця *D. virgifera virgifera* витримують морози до -10°C . У досліджуваному періоді зимові температури коливалися від -4°C до $+1,7^{\circ}\text{C}$, що створювало сприятливі умови

для зимівлі яєць цього шкідника. Хоча були короточасні зниження температури до -10°C , вони не мали негативного впливу на перезимівлю яєць ЗКЖ.

Висновки

Отже, нами досліджено стан посівів *Z. mays* на території Тернопільської області і оцінено характер їх заселення шкідниками із класу Комахи (Insecta), а зокрема *D. virgifera virgifera*. Проаналізовано особливості біології і поширення як на території України загалом, так і Тернопільської області зокрема. На аналізованих посівах кукурудзи ідентифіковані західний кукурудзяний жук, шведська муха і стебловий кукурудзяний метелик.

1. Зінченко О. І. Рослинництво : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2003. 591 с.
2. Карантинні шкідливі організми. URL: <http://www.stvadm.gov.ua/index.php/4751-karantynni-shkidlyvi-orhanizmy> (дата звернення: 11.01.2025).
3. Кукурудза та захист посівів від шкідників. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/309-kukurudza-ta-zakhyst-posiviv-vid-shkidnykiv.html> (дата звернення: 22.01.2025).
4. Кукурудзяний жук *Diabrotica virgifera virgifera*. URL: <https://www.biochemtech.com.ua/kukurudzianiy-zhuk-diabrotica-virgifera-virgifera/> (дата звернення: 11.01.2025).
5. Небезпечний шкідник – західний кукурудзяний жук. Розповсюдження в Україні. URL: <https://himagro.com.ua/nebezpechnij-shkidnik-zaxidnij-kukurudzianij-zhuk-rozpovsyudzhennya-v-ukra%D1%97ni> (дата звернення: 22.01.2025).
6. Огляд поширення карантинних організмів в Україні. URL: <https://dpss.gov.ua/fitosanitariya-kontrol-u-sferi-nasinnictva-ta-rozsadnictva/fitosanitarnij-kontrol/oglyad-poshirennja-karantinnih-organizmiv-v-ukrayini> (дата звернення: 22.01.2025).
7. Прокоп'як М. З., Безменська Л. А., Пальцан Н. М., Голіней Г. М., Майорова О. Ю. Динаміка поширення західного кукурудзяного жука на Тернопільщині впродовж 2016–2020 рр. *Карантин і захист рослин*. 2021. № 2 (265). С. 3–6. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2021.2.3-7>.
8. *Diabrotica virgifera virgifera*. European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Bulletin OEPO*. 2017. 47 (2). P. 164–173. doi: 10.1111/epp.12381.
9. Pierce C. M. F., Gray M. E. Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), Oviposition: A Variant's Response to Maize Phenology. *Environmental Entomology*. 2006. Vol. 35, Is. 2. P. 423–434. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.2.423>.
10. Zubenko O., Biliaieva K. Analysis of the distribution of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in agrocenoses of Cherkasy region and determination of resistance of individual maize hybrids to damage. *Cherkasy university bulletin: Biological sciences series*. 2021. No 2. P. 27–36.

References

1. Zinchenko O. I. Roslynnytstvo : pidruchnyk. Kyiv : Ahrarna osvita, 2003. 591 s. [in Ukrainian]
2. Karantynni shkidlyvi orhanizmy. URL: <http://www.stvadm.gov.ua/index.php/4751-karantynni-shkidlyvi-orhanizmy> (data zvernennia: 11.01.2025). [in Ukrainian]
3. Kukurudza ta zakhyst posiviv vid shkidnykiv. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/309-kukurudza-ta-zakhyst-posiviv-vid-shkidnykiv.html> (data zvernennia: 22.01.2025). [in Ukrainian]
4. Kukurudzianiy zhuk *Diabrotica virgifera virgifera*. URL: <https://www.biochemtech.com.ua/kukurudzianiy-zhuk-diabrotica-virgifera-virgifera/> (data zvernennia: 11.01.2025). [in Ukrainian]
5. Nebezpechnyi shkidnyk – zakhidnyi kukurudzianiy zhuk. Rozpovsyudzhennia v Ukraini. URL: <https://himagro.com.ua/nebezpechnij-shkidnik-zaxidnij-kukurudzianij-zhuk-rozpovsyudzhennya-v-ukra%D1%97ni> (data zvernennia: 22.01.2025). [in Ukrainian]
6. Ohliad poshyrennia karantynnykh orhanizmiv v Ukraini. URL: <https://dpss.gov.ua/fitosanitariya-kontrol-u-sferi-nasinnictva-ta-rozsadnictva/fitosanitarnij-kontrol/oglyad-poshirennja-karantinnih-organizmiv-v-ukrayini> (data zvernennia: 22.01.2025). [in Ukrainian]
7. Prokopiak M. Z., Bezmenska L. A., Paltsan N. M., Holinei H. M., Maiorova O. Yu. Dynamika poshyrennia zakhidnoho kukurudzianoho zhuka na Ternopilshchyni vprodovzh 2016–2020 rr. *Karantyn i zakhyst roslin*. 2021. No 2 (265). S. 3–6. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2021.2.3-7>. [in Ukrainian]
8. *Diabrotica virgifera virgifera*. European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Bulletin OEPO*. 2017. 47 (2). P. 164–173. doi: 10.1111/epp.12381.

9. Pierce C. M. F., Gray M. E. Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), Oviposition: A Variant's Response to Maize Phenology. *Environmental Entomology*. 2006. Vol. 35, Is. 2. P. 423–434. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.2.423>.
10. Zubenko O., Biliaieva K. Analysis of the distribution of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in agrocenoses of Cherkasy region and determination of resistance of individual maize hybrids to damage. *Cherkasy university bulletin: Biological sciences series*. 2021. No 2. P. 27–36.

S. S. Pokhyla, H. M. Holinei, M. Z. Prokopiak, M. A. Kryzhanovska

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

THE DISTRIBUTION OF THE WESTERN CORN ROOTWORM (*DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA* LeCONTE) IN TERNOPIL REGION

Our research assessed the condition of maize (*Zea mays*) crops in the Ternopil region, specifically examining infestations by insect pests, particularly the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). We also analyzed the biological characteristics and distribution of the western corn rootworm across Ukraine and within the Ternopil region.

The study of insect pests was conducted on farmland in Birky and Sosnivka villages (Kremenets district, Ternopil region) and on a household plot in Polivtsi village (Chortkiv district, Ternopil region). We identified three key insect pests on the maize crops: *D. virgifera virgifera*, Swedish fly (*Oscinella frit*), and European corn borer (*Ostrinia nubilalis*).

The western corn rootworm is a significant invasive species that poses a major threat to maize cultivation. It impacts crop yield, product quality, and increases pest control costs. *D. virgifera virgifera* has spread extensively throughout Ukraine, with its peak presence recorded in 2022. By 2023, its presence in 18 Ukrainian regions highlighted the urgent need for comprehensive phytosanitary monitoring and control measures.

The most affected areas were the Chernivtsi, Zakarpattia, Mykolaiv, and Kirovohrad regions. Conversely, some areas, like the Ivano-Frankivsk region, experienced significant decreases in infestation levels. In 2023, the western corn rootworm was detected for the first time in the Poltava and Cherkiv regions, demonstrating its dynamic spread.

We observed the Swedish fly on maize crops during the 3-4 leaf stage. Damage from this pest, characterized by deformation and yellowing along the central leaf vein, appeared as elongated spots. The European corn borer is another common maize pest; its flight was recorded in early July. However, a drop in temperature and precipitation during this period interrupted egg-laying and the pest's development.

Our analysis also explored the relationship between western corn rootworm spread and average daily temperatures. During the study period, temperature conditions were favorable for the pest's development. Notably, short-term temperature drops below -10°C had no negative impact on egg overwintering.

Key words: *Zea mays* L., western corn rootworm, distribution, phytosanitary condition, pest infestation.

Надійшла 15.03.2025.

¹С. В. РУДЕНКО, ²В. П. РУДЕНКО¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
пр. Гагаріна, 72, Дніпро, 49010²Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58002
e-mail: rudenkostepan@gmail.com

СТЕПОВА ЗОНА УКРАЇНИ ЯК БІОМ НА ТЛІ СХІДНО-ЄВРОПЕЙСЬКОЇ РІВНИНИ ЗА ОЦІНКОЮ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Стверджується, що дослідження природно-ресурсного потенціалу (ПРП) Степової зони як одного з центральних біомів Східно-Європейської рівнини у межах України є актуальною і маловивченою проблемою, що потребує свого розв'язання. Кількісна і, зокрема, вартісна оцінка величини, структури, місця ПРП екосистем Степової зони «як системно-географічного підрозділу» Східно-Європейської рівнини – головна мета запропонованої розвідки. Виходячи з матеріалів переоцінки ПРП України станом на 1.01.2022 р., констатується, що екосистеми Степової зони серед чотирьох природних зон Східно-Європейської рівнини займають провідні позиції, зосереджуючи 43,9 % території (акваторії), 45,4 % населення, 56,3 % природно-ресурсного потенціалу досліджуваного біому. Встановлено, що у Північно-Степовій підзоні розміщується 43,5 % сумарного ПРП Східно-Європейської рівнини, далі йдуть Південностепова (сухостепова) – 7,3 % та Середньостепова – 5,47 % підзони. Сім провінційних екосистем Степової зони за величиною ПРП розмістилися так (у порядку спадання величини потенціалу): Донецька – 15,6 %, Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська – 11,4 %, Дністровсько-Дніпровська – 10,3 %, Задонецько-Донська, Причорноморська, Кримська степова і Причорноморсько-Приазовська провінційна екосистема (3,05 %).

Серед окремих складових ПРП Степової зони на рівні екосистем обласного рівня провідними є: за потенціалом мінеральних ресурсів – Донецька височинна та Південно-Придніпровська схилово-височинна області; за потенціалом водних ресурсів – Південно-Придніпровська схилово-височинна та Кінсько-Ялинська низовинна області; за земельним потенціалом – Південно-Придніпровська схилово-височинна та Орільсько-Самарська низовина області; за лісовим потенціалом – Старобільська та Західно-Донецька схилово-височинні області; за фауністичним потенціалом – Південно-Придніпровська та Старобільська схилово-височинні області; за природно-рекреаційним потенціалом – Південно-Придніпровська, Старобільська схилово-височинні області, Донецька та Центральнокримська височинні області. Наукова і практична значущість отриманих результатів дослідження у тому, що, з одного боку, вони відображають місце потенціалу того чи іншого ресурсу Степової зони, її підзон, провінційних екосистем, екосистем обласного рівня у ПРП Східно-Європейської рівнини, а з іншого боку, – висвітлюють значення окремих складових ПРП у кожній екосистемі того чи іншого ієрархічного рівня, їх своєрідну «природно-ресурсну спеціалізацію».

Ключові слова: природно-ресурсний потенціал, Степова зона, Східно-Європейська рівнина.

Дослідження біомів – «великих системно-географічних підрозділів у межах географічної зони, що утворює групу тотожного типу біотичних угруповань, які взаємодіють з регіональним мікрокліматом і субстратом» [4], безперечно, є одним з найважливіших завдань науковців. Серед таких біомів Степова зона України займає особливе місце, зосереджуючи у своєму комплексі 40,8 % території, 40,4 % населення та 51,6 % природно-ресурсного потенціалу (ПРП) держави [9].

Питанням дослідження природно-ресурсних комплексів Степової зони України присвячено чимало наукових праць. Безсумнівно, першопрохідцем у цьому напрямі був О. М. Маринич [6]. Сучасний ґрунтовний аналіз еволюції ландшафтів біому степу проведений

М. Д. Гродзинським [3]. Автор стверджує, що «на території України представлені два типи зональних біомів: широколистяних і мішаних лісів помірного поясу і степи, савани і чагарники помірного поясу... Основу ж сучасних степів становлять трав'янисті щільнодернинні вузьколисті багаторічні види рослин, головним серед яких є злаки. Чорноземи та каштанові типи ґрунтів формують зональні степові фітоценози» [3]. Пізнання сучасних ландшафтів Степової зони України з метою їх заповідання – у центрі уваги колективу дослідників під керівництвом Л. Г. Руденка та Є. О. Маруняк [5, 8]. Оцінці різноманітності і фрагментації (роздроблення) ландшафтів природних зон України на базі геопросторового ГІС-аналізу та геоінформаційного картографування присвячені роботи О. Г. Голубцова з колективом [2] та В. Самойленка зі співавторами [16]. На думку В. М. Петліна [7], єдність енергетичних потенціалів систем, інформаційний контроль за системною організованістю та тотальною поєднаністю програмованих властивостей є основою й гарантією гармонійного розвитку природних територіальних систем. Власне методичні проблеми кількісного аналізу впливу природно-ресурсного потенціалу на економічну ефективність виробництва, необхідність екологічної інтенсифікації, впровадження екосистемних послуг є визначальними у працях Г. І. Денисика зі співавторами [10], С. І. Азарова та О. С. Задуная [1], Т. С. Кіннамана [12], Г. Грекусіса [11], А. Е. Мартіна зі співавторами [13], С. Рамірес-Маркеса з колективом [14], Е. Сміта [17]. Разом з тим практично відсутні дослідження, у яких би біом – Степова зона України, її кількісно оцінений природно-ресурсний потенціал розглядали на тлі Східно-Європейської рівнини – таксону вищого ієрархічного рівня. Розкрити це питання, а саме: визначити місце окремих видів природних ресурсів та їх сукупності за величиною потенціалу, з'ясувати структуру ПРП екосистем Степової зони та оцінити його значення у біомі Східно-Європейської рівнини – головна мета даної розвідки, досягнення якої має важливе значення для пізнання глибинних закономірностей сталого розвитку природокористування.

Матеріали та методи досліджень

В основу нашого аналізу покладені матеріали вартісної переоцінки ПРП держави станом на 1.01.2022 р. [15], методологічні та методичні основи якої детально розкриті в названій роботі. Величина природно-ресурсного потенціалу Східно-Європейської рівнини в межах України, що охоплює мінеральні, водні, земельні, лісові, фауністичні, природні рекреаційні ресурси, складає 1279,745 млрд. грн. Вона прийнята за 1000,000 ‰. Це дозволяє більш точно оцінювати ті складові ПРП, що характеризуються невисокою часткою у компонентній структурі потенціалу (див. табл. 1). Місце ж окремих складових (мінеральних, водних, земельних, лісових, фауністичних, природних рекреаційних ресурсів) за величиною покомпонентної оцінки ПРП екосистем обласного рівня, провінційних екосистем, підзон, Степової зони загалом та тлі Східно-Європейської рівнини висвітлює таблиця 2.

Результати досліджень та їх обговорення

Як засвідчують матеріали поданих таблиць та рисунків 1 і 2, у Степовій зоні зосереджується 56,3 % інтегрального (сумарного) ПРП Східно-Європейської рівнини, у тому числі 27,2 % потенціалу мінеральних, 5,7 % – водних, 18,7 % – земельних, 0,4 % – лісових, 0,2 % – фауністичних, 4,2 % – природних рекреаційних ресурсів. У Північностеповій підзоні розміщується 43,5 % сумарного ПРП Східно-Європейської рівнини, далі йдуть Південностепова (сухостепова) – 5,47 % підзони. Сім провінційних екосистем Степової зони за величиною ПРП розмістилися так (у порядку спадання величини потенціалу): Донецька – 15,6 %, Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська – 11,4 %, Дністровсько-Дніпровська – 10,3 %, Задонецько-Донська, Причорноморська, Кримська степова і Причорноморсько-Приазовська провінційна екосистема (3,05 %). Серед 22 екосистем обласного рівня Степової зони найбільший ПРП утримують Донецька височинна – 9,6 %, Південно-Придніпровська схилово-височинна – 8,1 %, Старобільська схилово-височинна – 6,2 %, Орільсько-Самарська низовинна – 6,0 % та Західно-Донецька схилово-височинна (5,96 %) області. У той же час найменшим потенціалом природних ресурсів у Степовій зоні характеризуються Задністровсько-Причорноморська низовинна (0,82 %), Західно-Приазовська схилово-височинна (0,76 %),

Нижньодніпровська терасово-дельтова низовинна (0,71 %), Приазовська низовинна (0,62 %) та Керченська горбисто-пасмова (0,48 %) області (див. табл. 1).

Надзвичайно важливою як з наукової, так і з прикладної точок зору є інформація, подана в табл. 2. З одного боку, вона відображає місце потенціалу того чи іншого ресурсу Степової зони, її підзон, провінційних екосистем, екосистем обласного рівня у ПРП Східно-Європейської рівнини, а з іншого боку, – висвітлює значення окремих складових ПРП у кожній екосистемі того чи іншого ієрархічного рівня, їх своєрідну «природно-ресурсну спеціалізацію», коли за основу порівняльного аналізу береться оцінка потенціалу конкретного природного ресурсу всієї рівнинної частини України. У підсумку, на перший план виходять ті природні ресурси, які у межах конкретної екосистеми обласного рівня можуть особливо не проявляти себе на фоні більш потужного потенціалу ресурсів – «сусідів» регіону, проте «висвітлюються» на тлі Східно-Європейської рівнини загалом. Таких прикладів можна навести чимало. Потенціал природних рекреаційних ресурсів у Центральнокримській височинній області (4,46 % від біому – Східно-Європейської рівнини) чи 4,18 % у Дністровсько-Бузькій низовинній області. Потенціал водних ресурсів: 5,33 % – у Південно-Придніпровській схилово-височинній і 3,99 % – у Кінсько-Ялинській низовинній областях. Потенціал земельних ресурсів: 5,33 % – у Південно-Придніпровській схилово-височинній і 3,67 % – в Орільсько-Самарській низовинній областях. Потенціал лісових ресурсів такий: 2,85 % – у Старобільській схилово-височинній і 1,42 % – у Західно-Донецькій схилово-височинній областях.

У той же час, зрозуміло, що чим більшою є питома вага потенціалу того чи іншого природного ресурсу екосистеми у відповідному потенціалі Східно-Європейської рівнини, тим своєріднішим, визначальним буде природно-ресурсний комплекс цієї екосистеми. На рівні обласних екосистем це особливо проявляється у групі дискретних корисних копалин. Так, зокрема, Донецька височинна область зосереджує 26,93 % потенціалу мінеральних ресурсів всієї Східно-Європейської рівнини, Південно-Придніпровська та Західно-Донецька схилово-височинні області – відповідно 14,15 % та 14,10 %, Старобільська схилово-височинна область – 13,31 %. Серед континуальних (безперервних) видів природних ресурсів частка їх потенціалу у біомі Східно-Європейської рівнини є значно меншою. Так, наприклад, вона складає 7,09 % у потенціалі фауністичних ресурсів у Південно-Придніпровській схилово-височинній області чи 4,88 % у природно-рекреаційному потенціалі у Старобільській схилово-височинній області.

Таблиця 1

Природно-ресурсний потенціал Степової зони на тлі Східно-Європейської рівнини

Степова зона (біом), провінційні екосистеми, природні області	Потенціал ресурсів, % від біому – Степової зони						
	мінеральних	водних	земельних	лісових	фауністичних	природних рекреаційних	інтегральних
1	2	3	4	5	6	7	8
Степова зона – біом	271,546	57,211	186,684	3,759	2,231	41,592	563,023
Північностепова підзона	260,768	28,947	115,941	2,999	1,539	24,853	435,047
Дністровсько-Дніпровська провінційна екосистема	42,728	8,445	43,451	0,376	0,477	7,231	102,708
<i>XXVI. Південно-Молдавська схилово-височинна область</i>	0,016	0,623	8,004	0,028	0,032	0,663	9,366
<i>XXVII. Південно-Подільська схилово-височинна область</i>	0,275	1,443	8,979	0,073	0,085	1,083	11,938
<i>XXVIII. Південно-Придніпровська схилово-височинна область</i>	42,467	6,379	26,468	0,275	0,360	5,485	81,404
Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська провінційна екосистема	55,163	10,150	39,749	0,942	0,529	7,786	114,319

ЕКОЛОГІЯ

Степова зона (біом), провінційні екосистеми, природні області	Потенціал ресурсів, % від біому – Степової зони						
	мінеральних	водних	земельних	лісових	фауністичних	природних рекреаційних	інтегральних
1	2	3	4	5	6	7	8
XXIX. Орільсько-Самарська низовинна область	35,727	3,990	16,957	0,614	0,227	2,887	60,402
XXX. Кінсько-Ялинська низовинна область	16,170	4,774	14,067	0,173	0,194	1,961	37,339
XXXI. Приазовська височинна область	1,904	0,978	6,069	0,113	0,056	1,269	10,389
XXXII. Приазовська низовинна область	1,362	0,408	2,656	0,042	0,052	1,669	6,189
Донецька провінційна екосистема	122,991	6,200	19,980	0,779	0,185	5,846	155,981
XXXIII. Західно-Донецька схилово-височинна область	42,255	2,179	12,219	0,449	0,125	2,401	59,628
XXXIV. Донецька височинна область	80,736	4,021	7,761	0,330	0,060	3,445	96,353
Задонецько-Донська провінційна екосистема	39,886	4,152	12,761	0,902	0,348	3,990	62,039
XXXV. Старобільська схилово-височинна область	39,886	4,152	12,761	0,902	0,348	3,990	62,039
<u>Середньостепова підзона</u>	5,089	9,483	33,957	0,234	0,270	5,708	54,741
Причорноморська провінційна екосистема	5,089	9,483	33,957	0,234	0,270	5,708	54,741
XXXVI. Задністровсько-Причорноморська низовинна область	0,045	1,564	5,982	0,028	0,032	0,594	8,245
XXXVII. Дністровсько-Бузька низовинна область	0,214	0,897	5,191	0,028	0,028	3,420	9,778
XXXVIII. Бузько-Дніпровська низовинна область	1,261	3,772	12,524	0,069	0,113	0,493	18,232
XXXIX. Дніпровсько-Молочанська низовинна область	1,229	2,902	6,358	0,061	0,069	0,271	10,890
XL. Західно-Приазовська схилово-височинна область	2,340	0,348	3,902	0,048	0,028	0,930	7,596
<u>Південностепова (сухостепова) підзона</u>	5,689	18,781	36,786	0,526	0,422	11,031	73,235
Причорноморсько-Приазовська провінційна екосистема	0,894	7,437	18,421	0,327	0,223	3,242	30,544
XLI. Нижньобузько-Дніпровська низовинна область	0,534	2,858	3,702	0,056	0,024	1,096	8,270
XLII. Нижньодніпровська терасово-дельтова низовинна область	0,154	1,302	4,725	0,214	0,061	0,663	7,119
XLIII. Присивасько-Приазовська низовинна область	0,206	3,277	9,994	0,057	0,138	1,483	15,155
Кримська степова провінційна екосистема	4,795	11,344	18,365	0,199	0,199	7,789	42,691

ЕКОЛОГІЯ

Степова зона (біом), провінційні екосистеми, природні області	Потенціал ресурсів, % від біому – Степової зони						
	мінеральних	водних	земельних	лісових	фауністичних	природних рекреаційних	інтегральних
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>XLIV. Присивасько-Кримська низовинна область</i>	0,974	4,475	5,073	0,008	0,061	1,993	12,584
<i>XLV. Тарханкутська височинна область</i>	0,158	1,985	6,128	0,004	0,045	1,698	10,018
<i>XLVI. Центральнокримська височинна область</i>	0,764	4,520	6,088	0,178	0,080	3,650	15,280
<i>XLVII. Керченська горбисто-пашова область</i>	2,899	0,364	1,076	0,009	0,013	0,448	4,809
СХІДНО-ЄВРОПЕЙСЬКА РІВНИНА – біом	299,757	119,673	462,052	31,652	5,069	81,797	1000,000

Таблиця 2

Місце складових ПРП біому Степової зони у потенціалі Східно-Європейської рівнини

Степова зона (біом), провінційні екосистеми, природні області	Потенціал ресурсів, %						
	мінеральних	водних	земельних	лісових	фауністичних	природних рекреаційних	інтегральних
1	2	3	4	5	6	7	8
Степова зона – біом	90,59	47,81	40,40	11,87	44,01	50,85	56,30
Північностепова підзона	86,99	24,19	25,09	9,48	30,37	30,38	43,50
Дністровсько-Дніпровська провінційна екосистема	14,25	7,06	9,40	1,19	9,40	8,84	10,27
<i>XXVI. Південно-Молдавська схилово-височинна область</i>	0,01	0,52	1,73	0,09	0,63	0,81	0,94
<i>XXVII. Південно-Подільська схилово-височинна область</i>	0,09	1,21	1,94	0,23	1,68	1,32	1,19
<i>XXVIII. Південно-Придніпровська схилово-височинна область</i>	14,15	5,33	5,73	0,87	7,09	6,71	8,14
Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська провінційна екосистема	18,40	8,48	8,60	2,97	10,44	9,52	11,43
<i>XXIX. Орільсько-Самарська низовинна область</i>	11,92	3,33	3,67	1,94	4,47	3,53	6,04
<i>XXX. Кінсько-Ялинська низовинна область</i>	5,38	3,99	3,04	0,55	3,82	2,40	3,73
<i>XXXI. Приазовська височинна область</i>	0,64	0,82	1,31	0,36	1,11	1,55	1,04
<i>XXXII. Приазовська низовинна область</i>	0,46	0,34	0,58	0,12	1,04	2,04	0,62
Донецька провінційна екосистема	41,03	5,18	4,33	2,74	3,67	7,14	15,60
<i>XXXIII. Західно-Донецька схилово-височинна область</i>	14,10	1,82	2,64	1,42	2,47	2,94	5,96
<i>XXXIV. Донецька височинна область</i>	26,93	3,36	1,69	1,05	1,20	4,20	9,64

ЕКОЛОГІЯ

Степова зона (біом), провінційні екосистеми, природні області	Потенціал ресурсів, %						
	мінеральних	водних	земельних	лісових	фауністичних	природних рекреаційних	інтегральних
1	2	3	4	5	6	7	8
Задонецько-Донська провінційна екосистема	13,31	3,47	2,76	2,85	6,86	4,88	6,20
<i>XXXV. Старобільська схилово-височинна область</i>	13,31	3,47	2,76	2,85	6,86	4,88	6,20
<u>Середньостепова підзона</u>	1,70	7,92	7,35	0,74	5,33	6,98	5,47
Причорноморська провінційна екосистема	1,70	7,92	7,35	0,74	5,33	6,98	5,47
<i>XXXVI. Задністровсько- Причорноморська низовинна область</i>	0,01	1,31	1,29	0,09	0,63	0,73	0,82
<i>XXXVII. Дністровсько- Бузька низовинна область</i>	0,07	0,75	1,12	0,09	0,55	4,18	0,98
<i>XXXVIII. Бузько- Дніпровська низовинна область</i>	0,42	3,15	2,71	0,22	2,24	0,60	1,82
<i>XXXIX. Дніпровсько- Молочанська низовинна область</i>	0,41	2,43	1,38	0,19	1,36	0,33	1,09
<i>XL. Західно-Приазовська схилово-височинна область</i>	0,79	0,28	0,85	0,15	0,55	1,14	0,76
<u>Південностепова (сухостепова) підзона</u>	1,90	15,70	7,96	1,65	8,31	13,49	7,33
Причорноморсько- Приазовська провінційна екосистема	0,30	6,39	3,94	1,03	4,39	3,96	3,05
<i>XLI. Нижньобузько- Дніпровська низовинна область</i>	0,18	2,39	0,80	0,18	0,48	1,34	0,83
<i>XLII. Нижньодніпровська терасово-дельтова низовинна область</i>	0,05	1,09	1,02	0,68	1,0	0,81	0,71
<i>XLIII. Присивасько- Приазовська низовинна область</i>	0,07	2,91	2,12	0,17	2,24	1,81	1,51
Кримська степова провінційна екосистема	1,60	9,31	4,02	0,62	3,92	9,53	4,28
<i>XLIV. Присивасько- Кримська низовинна область</i>	0,33	3,74	1,10	0,02	1,20	2,44	1,26
<i>XLV. Тарханкутська височинна область</i>	0,05	1,66	1,33	0,01	0,88	2,08	1,00
<i>XLVI. Центральнокримська височинна область</i>	0,25	3,78	1,32	0,56	1,59	4,46	1,53
<i>XLVII. Керченська горбисто-пасмова область</i>	0,97	0,13	0,27	0,03	0,25	0,55	0,49
СХІДНО- ЄВРОПЕЙСЬКА РІВНИНА – біом	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

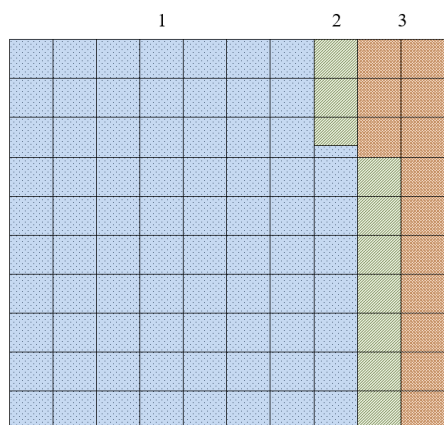


Рис. 1. Місце ПРП підзон у потенціалі Степової зони України (%):

- 1 Північностепова (77,3 %)
- 2 Середньостепова (9,7 %)
- 3 Південностепова (13,0 %)

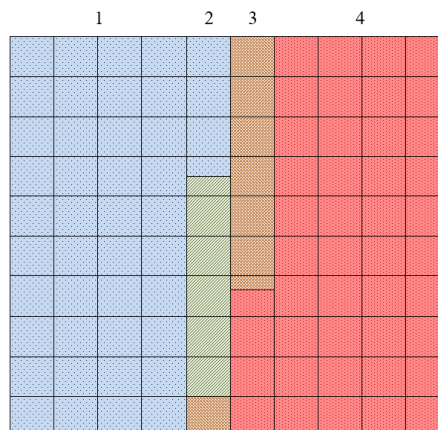


Рис. 2. Місце ПРП підзон Степової зони у потенціалі Східно-Європейської рівнини (%):

- 1 Північностепова (43,5 %)
- 2 Середньостепова (5,5 %)
- 3 Південностепова (7,3 %)
- 4 інші біом Східно-Європейської рівнини (43,7 %)

Потенціал фауністичних ресурсів: 7,09 % – у Південно-Придніпровській схилово-височинній і 6,86 % – у Старобільській схилово-височинній областях.

Що стосується мінерально-ресурсного потенціалу – біом Степова зона – безумовний лідер у Східно-Європейській рівнині за цим компонентом ПРП, зосереджуючи 90,59 % усіх корисних копалин даної природної країни (рис. 1). Особливо значними мінеральними ресурсами характеризуються: серед підзон – Північностепова (майже 87 % від потенціалу Східно-Європейської рівнини); серед провінційних екосистем – Донецька (41 %) і Лівобережна-Дніпровсько-Приазовська (18,4 %); серед екосистем обласного рівня – Донецька височинна (близько 27 %), Південно-Придніпровська схилово-височинна (14,15 %) та Західно-Донецька схилово-височинна (14,10 %) області.

Оцінюючи значення Степової зони як одного з найважливіших біомів Східно-Європейської рівнини у межах України, варто порівняти його ПРП з потенціалом інших трьох зон цієї країни (рис. 2). Отже, біом Степової зони зосереджує 56,3 % ПРП Східно-Європейської рівнини, далі за величиною потенціалу йде біом Лісостепу (24,6 %), потім – Зона Мішаних лісів (10,1 %) і Зона широколистяних лісів – 9,0 %. Якщо у Східно-Європейській рівнині сформувався земельно-мінерально-водний природно-ресурсний комплекс, то в біомі Степової зони – мінерально-земельно-водний, у біомі Зони мішаних лісів – земельно-водно-лісовий, у біомах Зони широколистяних лісів і Лісостепової зони – земельно-водно-рекреаційний.

Висновки

Серед чотирьох природних зон Східно-Європейської рівнини України Степова зона займає провідні позиції, зосереджуючи 43,9 % території (акваторії), 45,4 % населення, 56,3 % природно-ресурсного потенціалу.

У Північностеповій підзоні розміщується 43,5 % сумарного ПРП Східно-Європейської рівнини, далі йдуть Південностепова (сухостепова) – 7,3 % та Середньостепова – 5,47 % підзони. Сім провінційних екосистем Степової зони за величиною ПРП розмістилися так (у порядку спадання величини потенціалу): Донецька – 15,6 %, Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська – 11,4 %, Дністровсько-Дніпровська – 10,3 %, Задонецько-Донська, Причорноморська, Кримська степова і Причорноморсько-Приазовська провінційна екосистема (3,05 %).

Визначальними серед окремих складових ПРП Степової зони на рівні екосистем обласного рівня є за потенціалом мінеральних ресурсів – Донецька височинна та Південно-Придніпровська схилово-височинна області; за потенціалом водних ресурсів – Південно-

Придніпровська схилово-височинна та Кінсько-Ялинська низовинна області; за земельним потенціалом – Південно-Придніпровська схилово-височинна та Орільсько-Самарська низовинна області; за лісовим потенціалом – Старобільська та Західно-Донецька схилово-височинні області; за фауністичним потенціалом – Південно-Придніпровська та Старобільська схилово-височинні області; за природно-рекреаційним потенціалом – Південно-Придніпровська, Старобільська схилово-височинні області, Донецька та Центральнокримська височинні області.

Перспективним напрямом подальшого пізнання ПРП Степової зони як біому на тлі Східно-Європейської рівнини є вихід на рівень екосистем первинних природних районів, яких 99. Це дозволить заглибитись у розуміння регіональних особливостей розвитку природно-ресурсних процесів та відповідних їм господарських комплексів.

1. Азаров С. І., Задунай О. С. Аналіз надійності екосистем. *Екологічні науки*. 2020. Вип. 1 (28). С. 90–96. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.13>.
2. Голубцов О. Г., Сорокіна Л. Ю., Тимуляк Л. М., Чехній В. М., Фаріон Ю. М., Рога І. В., Батова Н. І., Петров М. Ф., Назарчук Н. І. Геоінформаційний аналіз антропогенних змін ландшафтів Лісостепової зони України. *Український географічний журнал*. 2021. № 3. С. 38–53. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.03.038>.
3. Гродзинський М. Д. Еволюція ландшафтів України: ландшафтознавство-географічний вимір проблеми : монографія. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2023. 432 с.
4. Ємельянов І. Г. Біом. Енциклопедія Сучасної України. Київ, 2004. Т. 3 : Біо-Бя. С. 27.
5. Маруняк Є. О., Чехній В. М. Наукові здобутки співробітників Інституту географії НАН України у 2022 році. *Український географічний журнал*. 2023. № 1. С. 3–6. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2023.01.003>.
6. Маринич О. М. Структура географічної науки та її сучасний стан в Україні. *Український географічний журнал*. 1993. № 1. С. 4–8.
7. Петлін В. М. Програмованість організованості територіальних систем та її вплив на еволюційні явища. *Український географічний журнал*. 2025. № 1. С. 17–26. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2025.01.017>.
8. Руденко Л. Г., Голубцов О. Г., Чехній В. М. та ін. Методологія і практика оцінювання території України для заповідання. Київ : Наук. думка, 2020. 248 с. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.01.024>.
9. Руденко С. В., Руденко В. П., Пахомов О. Є. Екорегіони України: територія, населення, природно-ресурсний потенціал. *Природнича освіта та наука*. 2024. № 4. С. 102–107. DOI: <https://doi.org/10.32782/NSER/2024-4.16>.
10. Denysyk Hr. I., Yatsentiuk Yu. V., Denysyk B. Hr., Chyzh O. P., Voina I. M. Modern Anthropogenic Hydrosphere of Ukraine. *Український географічний журнал*. 2024. No. 4 :12–21. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2024.04.012>.
11. Grekousis G. Spatial Analysis Methods and Practice Describe-Explore-Explain GIS. Cambridge: University Press, 2020, 518. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108614528>.
12. Kinnaman T. C. A New Perspective on the Natural Resource Curse. *World*. 2023. 4 (4). 670. DOI: <https://doi.org/10.3390/world4040042>.
13. Martin A. E., Collins S. J., Crowe S., Girard J., Naujokaitis-Lewis I., Smith A. C., Lindsay K., Mitchell S., Fahrig L. Effects of farmland heterogeneity on biodiversity are similar to – or even larger than – the effects of farming practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2020. Vol. 288. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106698>.
14. Ramirez-Marquez C., Posadas-Paredes T., Raya-Tapia A. Y., Ponce-Ortega J. M. Natural Resource Optimization and Sustainability in Society 5.0: Comprehensive Review. *Resources*. 2024. 13 (2). 19. <https://doi.org/10.3390/resources13020019>.
15. Rudenko S., Rudenko V. Nature-resource potential of natural regions of Ukraine in present-day figures. *Екологічні науки*. 2023. № 6 (51). С. 84–89. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.6-51.13>.
16. Samoilenko V., Bilous L., Havrylenko O., Dibrova I. Geoinformation model cause-effect analysis of anthropogenic impact in the Podilsko-Prydniprovskiyi region. *European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, Geoinformatics (May 2021)*. 2021. Vol. 2021, 1–6. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521006>.
17. Smyth E. Is impact assessment ensuring proper prediction and assessment of the environmental, economic, and social impacts of projects-how to reduce bias? *Impact Assessment and Project Appraisal*. 2021. 39 (4), 352–353. <https://doi.org/10.1080/14615517.2021.1905222>.

References

1. Azarov S. I., Zadunai O. S. Analiz nadiinosti ekosystem. *Ekolohichni nauky*. 2020. Vyp. 1 (28). S. 90–96. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.13>. [in Ukrainian]
2. Holubtsov O. H., Sorokina L. Yu., Tymuliak L. M., Chekhnii V. M., Farion Yu. M., Roha I. V., Batova N. I., Petrov M. F., Nazarchuk N. I. Heoinformatsiynyi analiz antropohennykh zmin landshaftiv Lisostepovoi zony Ukrainy. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 2021. No 3. S. 38–53. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.03.038>. [in Ukrainian]
3. Hrodzynskyi M. D. Evoliutsiia landshaftiv Ukrainy: landshaftoznavstvo-heohrafichnyi vymir problemy : monohrafiia. Kyiv : VPTs «Kyivskyi universytet», 2023. 432 s. [in Ukrainian]
4. Yemelianov I. H. Biom. Entsyklopediia Suchasnoi Ukrainy. Kyiv, 2004. T. 3 : Bio-Bia. S. 27. [in Ukrainian]
5. Maruniak Ye. O., Chekhnii V. M. Naukovi zdobutky spivrobotnykiv Instytutu heohrafii NAN Ukrainy u 2022 rotsi. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 2023. No 1. S. 3–6. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2023.01.003>. [in Ukrainian]
6. Marynych O. M. Struktura heohrafichnoi nauky ta ii suchasnyi stan v Ukraini. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 1993. No 1. S. 4–8. [in Ukrainian]
7. Petlin V. M. Prohramovanist orhanizovanosti terytorialnykh system ta ii vplyv na evoliutsiyni yavyscha. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 2025. No 1. S. 17–26. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2025.01.017>. [in Ukrainian]
8. Rudenko L. H., Holubtsov O. H., Chekhnii V. M. ta in. Metodolohiia i praktyka otsiniuvannia terytorii Ukrainy dlia zapovidannia. Kyiv : Nauk. dumka, 2020. 248 s. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.01.024>. [in Ukrainian]
9. Rudenko S. V., Rudenko V. P., Pakhomov O. Ye. Ekorehiony Ukrainy: terytorii, naselennia, pryrodno-resursnyi potentsial. *Pryrodnycha osvita ta nauka*. 2024. No 4. S. 102–107. DOI: <https://doi.org/10.32782/NSER/2024-4.16>. [in Ukrainian]
10. Denysyk Hr. I., Yatsentiuk Yu. V., Denysyk B. Hr., Chyzh O. P., Voyna I. M. Modern Anthropogenic Hydrosphere of Ukraine. *Український географічний журнал*. 2024. No. 4 :12–21. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2024.04.012>.
11. Grekousis G. Spatial Analysis Methods and Practice Describe-Explore-Explain GIS. Cambridge: University Press, 2020, 518. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108614528>.
12. Kinnaman T. C. A New Perspective on the Natural Resource Curse. *World*. 2023. 4 (4). 670. DOI: <https://doi.org/10.3390/world4040042>.
13. Martin A. E., Collins S. J., Crowe S., Girard J., Naujokaitis-Lewis I., Smith A. C., Lindsay K., Mitchell S., Fahrig L. Effects of farmland heterogeneity on biodiversity are similar to – or even larger than – the effects of farming practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2020. Vol. 288. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106698>.
14. Ramirez-Marquez C., Posadas-Paredes T., Raya-Tapia A. Y., Ponce-Ortega J. M. Natural Resource Optimization and Sustainability in Society 5.0: Comprehensive Review. *Resources*. 2024. 13 (2). 19. <https://doi.org/10.3390/resources13020019>.
15. Rudenko S., Rudenko V. Nature-resource potential of natural regions of Ukraine in present-day figures. *Екологічні науки*. 2023. № 6 (51). S. 84–89. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.6-51.13>.
16. Samoilenko V., Bilous L., Havrylenko O., Dibrova I. Geoinformation model cause-effect analysis of anthropogenic impact in the Podilsko-Prydniprovskyi region. *European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, Geoinformatics (May 2021)*. 2021. Vol. 2021, 1–6. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521006>.
17. Smyth E. Is impact assessment ensuring proper prediction and assessment of the environmental, economic, and social impacts of projects-how to reduce bias? *Impact Assessment and Project Appraisal*. 2021. 39 (4), 352–353. <https://doi.org/10.1080/14615517.2021.1905222>.

¹S. V. Rudenko, ²V. P. Rudenko

¹Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine

²Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine

STEPPE ZONE OF UKRAINE AS THE BIOME AGAINST THE BACKGROUND OF EAST-EUROPEAN PLAIN WITH REGARD TO ASSESSMENT OF NATURE-RESOURCE POTENTIAL

The natural resource potential (NRP) of the Steppe Zone, a crucial biome within the East European Plain in Ukraine, remains an important area of ongoing research. This study aims to quantitatively and, specifically, monetarily estimate the value, structure, and position of the Steppe Zone's NRP

within the broader “systems-geographical unit” of the East European Plain. Based on the reassessment of Ukraine's NRP as of January 1, 2022, the Steppe Zone stands out among the four natural zones of the East European Plain. It encompasses: 43.9 % of the territory (including water area), 45.4 % of the population, 56.3 % of the natural resource potential of the studied biome. Further analysis reveals the distribution of NRP within the Steppe Zone's subzones: The North-Steppe Subzone accounts for the largest share at 43.5% of the East European Plain's total NRP. This is followed by the South-Steppe (Dry Steppe) Subzone at 7.3 %. The Mid-Steppe Subzone contributes 5.47 %.

When examining the NRP value across the Steppe Zone's seven provincial ecosystems, the descending order is as follows: Donetsk: 15.6 %; left-Bank-Dnieper-Pryazovska: 11.4 %; Dniester-Dnieper: 10.3 %; Zadonetsko-Donska, Prychornomorska, Crimean Steppe, and Prychornomorsko-Pryazovska provincial ecosystems: each contribute 3.05 %.

At the oblast level, specific regions play leading roles for different NRP components: Mineral Resources: Donetsk Upland Oblast and South-Prydniprovsk Slope-Upland Oblast; Water Resources: South-Prydniprovsk Slope-Upland Oblast and Kinsko-Yalynska Lowland Oblast; Land Resources: South-Prydniprovsk Slope-Upland Oblast and Orilsko-Samarska Lowland Oblast; Forest Resources: Starobilsk Oblast and West Donetsk Slope-Upland Oblast; Fauna Resources: South-Prydniprovsk Oblast and Starobilsk Slope-Upland Oblast; Natural Recreation Resources: South-Prydniprovsk Oblast, Starobilsk Slope-Upland Oblast, Donetsk Oblast, and Central Crimean Upland Oblast.

The findings of this study are significant both scientifically and practically. They not only demonstrate the position of various resource potentials within the Steppe Zone, its subzones, provincial ecosystems, and oblast-level ecosystems in the overall NRP of the East European Plain but also underscore the importance of individual NRP components within each ecosystem at different hierarchical levels, highlighting their unique natural resource specializations.

Key words: nature-resource potential, Steppe Zone, East-European Plain.

Надійшла 15.03.2025.

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 632.952:581.112]:635.658

doi: 10.25128/2078-2357.25.1–2.7

В. О. КОЗАК, С. В. ПИДА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: shelest.1995@ukr.net; spyda@ukr.net

ВПЛИВ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ФУНГІЦИДІВ НА ПОКАЗНИКИ ВОДООБМІНУ ЛИСТКІВ СОЧЕВИЦІ ХАРЧОВОЇ (*LENS CULINARIS* MEDIK.)

Представлено результати дослідження показників водообміну листків сочевиці харчової (*Lens culinaris* Medik.) сорту Red у фазі формування бобів за монообробки насіння перед сівбою мікробним препаратом Ризобіфіт, *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* (*R. leg*) штамів: С4-30, 724, Ф 11-2, Ф 16-1 та на фоні застосування фунгіцидів Лайвіт і Максим за вирощування культури у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України. Встановлено, що монообробка насіння перед сівбою мікробними препаратами, фунгіцидами та їх сумісне застосування впливають на водоутримувальну здатність колоїдів цитоплазми, знижують водний дефіцит листків *Lens culinaris* та сприяють зростанню загального вмісту води в їх тканинах. Інокуляція насіння Ризобіфітом та штамми *R. leg* на фоні фунгіцидів Лайвіт і Максим суттєво підвищує водоутримувальну здатність колоїдів цитоплазми листків через 2 год в'янення. Найнижче значення втрати води через 2 і 4 год виявлено у варіанті за обробки насіння комбінацією Максим+*R. leg* С4-30: $12,69 \pm 0,14$ % та $23,23 \pm 0,40$ % відповідно, що на 14,2 і 22,0 % менше, порівнюючи із контрольним варіантом, через 24 год. – при моноінокуляції насіння *R. leg* С4-30, що на 5,9 % нижче, порівнюючи із контролем. За впливу сумісного застосування *R. leg* С4-30 з фунгіцидом Максим визначено найбільше обводнення тканин листків культури. Монообробка насіння фунгіцидом Лайвіт суттєво знижувала показники водного дефіциту листків сочевиці харчової, що на 5,2 % нижче за аналогічні показники контрольного варіанту.

Ключові слова: *Lens culinaris* Medik., мікробні препарати, фунгіциди, водний режим, загальний вміст води, водоутримувальна здатність, водний дефіцит.

Показники продуктивності сільськогосподарських культур визначають за ступенем функціонування фізіолого-біохімічних систем, у яких проходять процеси водного обміну, кореневого та позакореневого живлення, дихання, транспортування елементів. Інтенсивність водного режиму рослин визначає рівень їх пристосування до умов навколишнього середовища [7]. Ріст і розвиток рослинного організму залежать від запасів води в ґрунті, нестача якої негативно впливає на метаболізм, а відтак – знижує показники врожайності [8]. Будь-які порушення в процесах водного режиму спричиняють денатурацію білків і зміну їх ферментних властивостей, як наслідок – руйнування гідратних оболонок, які властиві білкам [5].

Однією з найбільш конкурентоздатних культур родини Бобові (*Fabaceae*) є сочевиця харчова (*Lens culinaris* Medik., 1787), товарне насіння якої за своїм біохімічним складом та харчовими якостями є найціннішим серед культур цієї групи, що має великий попит на

місцевому і світовому ринках [16]. Сочевиця харчова відноситься до вологолюбних рослин, найбільшу кількість води використовує на початку вегетації. Для проростання культура потребує 100–120 % води від маси насіння. *Lens culinaris* належить до відносно посухостійких рослин, нестачу води витримує краще, порівнюючи з горохом і кормовими бобами, але гірше, порівнюючи з чиною та нутом. Великою посухостійкістю характеризуються дрібнонасінні форми сочевиці [6].

Значущою властивістю сочевиці як представника бобових є здатність до симбіотичної фіксації азоту – макроелемента, який входить до складу білків, нуклеїнових кислот, ензимів, хлорофілів та є важливим фактором у живленні сільськогосподарських культур [13]. Сочевиця харчова формує симбіотичні зв'язки із бульбочковими бактеріями, засвоюючи до 80 кг/га атмосферного нітрогену, залишає у ґрунті 90–120 кг/га біологічного азоту за рахунок азотфіксації [4], що не лише підвищує показники врожайності наступної культури у сівозміні, але і поліпшує якісні характеристики шляхом збільшення вмісту білків та вітамінів [9, 12].

Не зважаючи на стійкість сочевиці до хвороб і шкідників, її посіви є вразливими до низки захворювань, спричинених грибами, вірусами, нематодами, комахами-шкідниками тощо. У зв'язку із цим, обов'язковим агроприйомом у технології вирощування бобових культур є передпосівна інокуляція насіння біопрепаратами на основі селекціонованих штамів специфічних ризобій та використання нових препаративних форм фунгіцидів із різним спектром дії, що сприяють захисту рослин від збудників хвороб.

Метою роботи було дослідити параметри водообміну листків сочевиці харчової сорту Red за впливу монообробки насіння мікробним препаратом Ризобофіт (МБП), *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* (*R. leg*) штамів С4-30, 724, Ф 11-2, Ф 16-1 та на фоні застосування фунгіцидів Лайвіт і Максим в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріали та методи дослідження

Експериментальну частину роботи виконували в польових і лабораторних умовах: агробіолабораторія Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка й лабораторія фізіології рослин і мікробіології кафедри ботаніки та зоології. У фазі формування бобів визначали загальний уміст води в листках сочевиці шляхом висушування 1 г наважки матеріалу в сушильній шафі за температури 105⁰С упродовж 2–3 годин до маси, що не змінюється, водоутримувальну здатність (ВУЗ) листків – за А. Арландом: на електронній вазі спочатку визначали сиру масу листків, а потім зважували їх через 2, 4, 24 год в'янення від початку закладання дослідів, а також масу сухих листків [2]. Водний дефіцит (ВД) встановлювали у відсотках від загальної кількості води за повного водонасичення листків. Статистичну обробку результатів дослідження здійснювали за допомогою програми Excel.

Схема дослідів включала наступні варіанти:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| 1. Контроль | 10. Лайвіт +R. leg 724 |
| 2. Ризобофіт | 11. Лайвіт +R. leg Ф 11-2 |
| 3. R. leg C4-30 | 12. Лайвіт +R. leg Ф 16-1 |
| 4. R. leg 724 | 13. Максим |
| 5. R. leg Ф 11-2 | 14. Максим+ Ризобофіт |
| 6. R. leg Ф 16-1 | 15. Максим+ R. leg C4-30 |
| 7. Лайвіт | 16. Максим+ R. leg 724 |
| 8. Лайвіт +Ризобофіт | 17. Максим+ R. leg Ф 11-2 |
| 9. Лайвіт +R. leg C4-30 | 18. Максим+ R. leg Ф 16-1 |

За 6 днів до сівби насіння сочевиці варіантів 7–12 та 13–18 обробляли фунгіцидами Лайвіт (діюча речовина – дифеноконазол 50 г/л, піраклостробін 25 г/л, протіокконазол 50 г/л) та Максим (діюча речовина – флудиоксоніл 25 г/л) згідно з нормами виробників. Перед сівбою насіння варіантів контроль (1), Лайвіт (7) і Максим (13) змочували водою з розрахунку 1,5 % від його маси, а дослідних – рідкою формою Ризобофіту (варіанти 2, 8, 14), культурами бульбочкових бактерій сочевиці (*R. leg*) зазначених вище штамів (варіанти 3–6, 9–12 і 15–18). Культури бульбочкових бактерій і МБП отримали з Інституту сільськогосподарської

мікробіології та агропромислового виробництва НААН України (Ризобофіт, R. leg C4-30) та Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (R. leg 724, R. leg Ф 11-2, R. leg Ф 16-1).

Результати досліджень та їх обговорення

Водоутримувальні сили колоїдів цитоплазми регулюють процеси водного обміну рослин [3]. Водоутримувальна здатність тканин є критерієм, що визначає посухостійкість культури: вищий показник характерний для рослин із більшою стійкістю до посухи [8]. В умовах дефіциту вологи пристосувальна реакція структурних елементів цитоплазми (білків і води) забезпечує її стабільність та підвищує рівень водоутримувальної здатності клітин. При цьому співвідношення вільної та зв'язаної води в клітинах листків рослин варіюється, що безпосередньо пов'язано з посухостійкістю культури.

Встановлено, що інокуляція насіння мікробними препаратами на фоні використання фунгіцидів Лайвіт і Максим суттєво підвищувала ВУЗ колоїдів цитоплазми листків сочевиці через 2 та 4 год в'янення, більший ВУЗ відповідала менша водовіддача та навпаки. Найнижче значення втрати води через 2 і 4 год виявлено у варіанті за обробки насіння комбінацією Максим+ R. leg C4-30, що на 14,2 і 22,0 % менше (табл. 1), порівнюючи із контролем, дані статистично вірогідні. За моно впливу бульбочкових бактерій штамів R. leg C4-30, R. leg Ф 11-2 та R. leg Ф 16-1 через 2 год показник ВУЗ листків достовірно знижувався на 5,9 %, 4,2 % та 2,9 %, через 4 год – на 10,9 %, 5,9 % та 4,3 % відповідно, порівнюючи із неінокульованими рослинами.

Таблиця 1

Вплив мікробних препаратів та фунгіцидів на водоутримувальну здатність (%) листків рослин сочевиці харчової сорту Red, M ± m, n=4. Фаза росту і розвитку рослин – формування бобів (липень 2024 р.)

Варіант	Час:	Кількість втраченої води (%) через		
		2 год	4 год	24 год
1. Контроль		26,9±1,14	45,3±1,47	71,4±0,13
2. Ризобофіт		24,2±1,02	40,4±0,98*	69,0±0,31*
3. R. leg C4-30		20,9±0,90*	34,4±1,37*	65,5±0,95*
4. R. leg 724		24,9±1,64	42,1±1,82	69,3±0,27*
5. R. leg Ф 11-2		22,7±1,06*	39,4±1,31*	73,3±0,45
6. R. leg Ф 16-1		24,0±0,54*	41,0±0,72*	69,6±0,45*
7. Лайвіт		21,5±0,95*	40,5±1,37*	71,6±0,18
8. Лайвіт +Ризобофіт		25,4±1,54	44,4±2,14	70,4±0,38
9. Лайвіт +R. leg C4-30		22,1±1,62*	45,9±1,58	76,2±1,23
10. Лайвіт +R. leg 724		30,3±2,35	41,5±2,76	70,8±0,53
11. Лайвіт +R. leg Ф 11-2		23,5±1,78	31,9±1,74*	70,9±0,30
12. Лайвіт +R. leg Ф 16-1		29,2±0,94	35,0±1,19*	69,1±0,48*
13. Максим		22,1±1,32	30,6±1,91*	65,6±1,15*
14. Максим+ Ризобофіт		20,9±0,65*	35,4±1,36*	69,0±0,36*
15. Максим+ R. leg C4-30		12,7±0,14*	23,2±0,40*	70,2±2,68
16. Максим+ R. leg 724		22,3±1,58	33,9±1,73*	70,4±0,26*
17. Максим+ R. leg Ф 11-2		27,5±1,44	36,9±1,37*	68,9±0,21*
18. Максим+ R. leg Ф 16-1		19,2±0,73*	30,0±1,18*	66,5±0,28*

Примітка: *відмінності, порівнюючи з контролем, вірогідні при $P \leq 0,05$.

Показано, що обробка насіння нуту звичайного сортів Буджак і Скарб перед сівбою *Mesorhizobium ciceri* ND-64 та комплексним МБП Ризогумін підвищує водоутримувальну здатність колоїдів цитоплазми їх листків за вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (Тернопільська область) [10, 11]. Варто зауважити, що у варіанті за монообробки насіння фунгіцидом Максим, порівнюючи з Лайвітом, виявлено вищу ефективність, оскільки за його впливу показник ВУЗ листків сочевиці харчової зменшився на 14,7 %, а за обробки фунгіцидом Лайвіт – на 4,8 % через 4 год в'янення, відносно контролю.

Через 24 год в'янення листків *Lens culinaris* найнижче статистично вірогідне значення водовіддачі в досліджуваній фазі онтогенезу рослин виявлено за моноінокуляції насіння *R. leg* C4-30, що на 5,9 % нижче контролю. Встановлено суттєве зниження втрати води через 24 год в'янення за інокуляції насіння сочевиці Ризобофітом (2,4 %) та *R. leg* штамми C4-30 (5,9 %), 724 (2,2 %) і Ф16-1 (1,9 %), порівнюючи із контролем. За використання фунгіциду Лайвіт спостерігали незначне підвищення водовіддачі через 24 год, що на 5,9 % більше, порівнюючи із варіантом застосування фунгіциду Максим.

Водний дефіцит, спричинений посухою – чинник, що найбільш негативно впливає на процеси росту та розвитку сільськогосподарських культур. Посуху можна вважати фізіологічною формою ВД, при якій кількість доступних форм ґрунтової води для рослин є недостатньою [14]. Справляючись з дефіцитом води, рослинний організм розвиває складні механізми адаптації, включаючи різноманітні фізіологічні та біохімічні реакції [15]. За втрати листками вологи понад 20 %, показник інтенсивності фотосинтезу різко знижується, понад 50 % – процес взагалі припиняється [1]. Саме тому, важливою є оцінка ступеня дефіциту води, якого зазнають досліджувані рослини.

Передпосівна обробка насіння мікробними препаратами, фунгіцидами та їх поєднане застосування суттєво знижували параметри ВД листків сочевиці харчової. Зокрема, найнижче значення показника виявлено за обробки насіння перед сівбою фунгіцидом Лайвіт, що на 5,2 % менше, порівнюючи із контролем (табл. 2). Використання зазначеного вище фунгіциду в наступній комбінації Лайвіт +*R. leg* Ф 11-2 також сприяло зменшенню ВД на 4,4 %, порівнюючи із контрольним варіантом. За впливу Ризобофіту ВД листків сочевиці достовірно знижувався на 2,3 %, порівнюючи з неінокульованими рослинами контрольного варіанту. Показано, що обробка насіння нуту звичайного сортів Буджак і Скарб перед сівбою *Mesorhizobium ciceri* ND-64 та комплексним мікробним препаратом Ризогумін знижувала водний дефіцит їх листків за вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (Тернопільська область) [10, 11]. За сумісного застосування Ризобофіту та фунгіциду Максим виявлено статистично вірогідне зниження показника ВД листків рослин сочевиці харчової на 2,6 %, порівнюючи зі значенням контролю.

Таблиця 2

Вплив мікробних препаратів на показники водообміну в листках сочевиці харчової сорту Red, $M \pm m$, $n=4$. Фаза росту і розвитку рослин – формування бобів (липень 2024 р.)

Варіант	Водний дефіцит, %	Загальний вміст води, %
1. Контроль	11,0±0,76	72,5±0,08
2. Ризобофіт	8,7±0,14*	68,7±0,59
3. <i>R. leg</i> C4-30	10,1±0,48	70,7±0,27
4. <i>R. leg</i> 724	10,2±0,38	69,9±0,27
5. <i>R. leg</i> Ф 11-2	13,0±0,91	72,5±1,12
6. <i>R. leg</i> Ф 16-1	9,66±0,50	71,6±0,21
7. Лайвіт	5,8±0,08*	72,8±0,32
8. Лайвіт +Ризобофіт	9,9±0,97	72,7±0,34
9. Лайвіт + <i>R. leg</i> C4-30	9,5±0,67	70,8±0,55
10. Лайвіт + <i>R. leg</i> 724	12,0±0,31	72,8±0,55
11. Лайвіт + <i>R. leg</i> Ф 11-2	6,7±0,44*	72,5±0,26
12. Лайвіт + <i>R. leg</i> Ф 16-1	10,4±0,09	70,3±0,41
13. Максим	9,8±0,26	71,9±0,27
14. Максим+ Ризобофіт	8,4±0,21*	73,9±0,34*
15. Максим+ <i>R. leg</i> C4-30	12,9±0,95	76,3±1,52*
16. Максим+ <i>R. leg</i> 724	9,3±0,59	71,3±0,32
17. Максим+ <i>R. leg</i> Ф 11-2	11,1±1,29	70,5±0,27
18. Максим+ <i>R. leg</i> Ф 16-1	9,7±0,56	69,0±0,34

Примітка: *відмінності, порівнюючи з контролем, вірогідні при $P \leq 0,05$.

Рівень обводненості тканин організму рослин є однією із важливих умов їх нормального росту та розвитку. Важливим критерієм, що характеризує процеси водного обміну рослин, є вміст води у їх листках. У результаті досліджень встановлено, що інокуляція насіння *Lens culinaris* перед сівбою МБП на фоні обробки фунгіцидами сприяли не значному підвищенню загального вмісту води у листках рослин упродовж фази формування бобів. Найбільший статистично вірогідний показник загального умісту води в листках культури виявлено за впливу R. leg C4-30 на фоні застосування фунгіциду Максим, що на 3,7 % більше, порівнюючи з контролем (табл. 2). Також використання даного фунгіциду у наступній комбінації: Максим+Ризобіфіт сприяло підвищенню зазначеного вище показника на 1,5 %, порівнюючи із необробленим варіантом. За інокуляції насіння мікробними препаратами на фоні обробки фунгіцидом Лайвіт спостерігалася тенденція до підвищення показників загального вмісту води в тканинах листків у середньому до 0,5 %, порівняно із контролем.

Висновки

Сочевиця харчова завдяки біохімічному складу насіння та високим харчовим якостям, здатності до симбіотичної фіксації азоту, хорошій посухо- та жаростійкості є перспективною бобовою культурою в умовах зміни клімату для Західного Лісостепу України. Моноінокуляція насіння активними штамами *R. leg biovar viceae* та поєднане застосування мікробних препаратів на основі бульбочкових бактерій сочевиці з фунгіцидами Максим і Лайвіт є дієвими заходами зниження депресивного впливу посухи на дану культуру, адже за їх впливу виявлено зростання водоутримувальної здатності колоїдів цитоплазми клітин листків сочевиці харчової та загального вмісту води у їх тканинах, а також – зменшення їх водного дефіциту.

1. Богданов О. І., Осипчук А. А., Кравець О. Ф. Важливий резерв підвищення врожайності картоплі. *Вісник сільськогосподарської науки*. 1986. № 6. С. 21–23.
2. Векірчик К. М. Фізіологія рослин. Практикум. Київ : Вища школа. Головне видавництво, 1984. 240 с.
3. Долгова Л. Г., Демура Т. А., Коваль І. В. Особливості водного обміну рослин інтродуцентів роду *Rosa* L. *Вісн. Дніпропетр. ун-ту*. 2003. С. 28–32.
4. Квітко Г. П., Сауляк О. М. Формування урожаю насіння сочевиці харчової в умовах Лісостепу Правобережного. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : зб. матеріалів доп. учасн. III Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир : Полісся, 2015. С. 564–568.
5. Козаков Є. О. Онтогенетична чутливість до водних стресів процесів формування зернової продуктивності у гібридів кукурудзи. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2001. Т. 33. № 1. С. 19–14.
6. Колосовська В. В., Сербінов Б. М. Агрометеорологічні умови вирощування сочевиці. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : зб. матеріалів VI Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2023. С. 64–66.
7. Моргун В. В., Григорюк І. П., Ткачов В. І., Яворовський П. П. Застосування полімерних регуляторів росту і добрив для підвищення життєздатності саджанців деревних порід : Наукові основи і рекомендації. Київ : Наук. світ, 2001. 42 с.
8. Пида С. В., Чернік І. В., Москалюк Н. В., Мацюк О. Б., Гончар Ю. О. Вплив мікробних препаратів на показники водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.). *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2023* : матер. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 100-річчю від дня народження відомої вченої-ботаніки к.б.н., доц. Валентини Омелянівни Шиманської. Тернопіль : Вектор, 2023. С. 73–76.
9. Сухова Г. І. Формування елементів продуктивності сочевиці залежно від особливостей сорту. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2012. № 2. С. 106–111.
10. Чернік І. В. Параметри водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія*. 2024. Т. 84, № 3–4. С. 68–75. DOI: <https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.3-4.8>.
11. Чернік І. В., Пида С. В., Тригуба О. В. Вплив мікробних препаратів на показники водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.): *Scientific and practical almanac «Innovative science»*. 2025. Т. 1. С. 223–229.

12. Kaale L. D., Siddiq M., Hooper S. Lentil (*Lens culinaris* Medik) as nutrient-rich and versatile food legume: A review. *Legume Science*. 2023. Vol. 5, No 2. P. 169–179. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.169>.
13. Mo'ez Al-Islam E. Faris, Mohammad G. Mohammad, Sameh Soliman. Lentils (*Lens culinaris* L.): A candidate chemopreventive and antitumor functional food. *Functional Foods in Cancer Prevention and Therapy*. 2020. P. 99–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816151-7.00006-5>.
14. Oo A. Tun, G. Van Huylenbroeck, S. Speelman. Measuring the Economic Impact of Climate Change on Crop Production in the Dry Zone of Myanmar: A Ricardian Approach. *Climate*. 2020. Vol. 8, No 1. P. 9–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli8010009>.
15. Oguz M., Aycan M., Oguz E., Poyraz I., Yildiz M. Drought Stress Tolerance in Plants: Interplay of Molecular, Biochemical and Physiological Responses in Important Development Stages. *Physiologia*. 2022. Vol. 2, No 4. P. 180–197. DOI: <https://doi.org/10.3390/physiologia2040015>.
16. Wellburn A. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total caroteinds, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. of Plant Physiology*. 1994. Vol. 144, No 3. P. 307–313. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2).

References

1. Bohdanov O. I., Osypchuk A. A., Kravets O. F. Vazhlyvyi rezerv pidvyshchennia vrozhaynosti kartopli. *Visnyk silskohospodarskoï nauky*. 1986. No 6. S. 21–23. [in Ukrainian]
2. Vekirchuk K. M. Fiziologhiia roslyn. Praktikum. Kyiv : Vyscha shkola. Holovne vydavnytstvo, 1984. 240 s. [in Ukrainian]
3. Dolhova L. H., Demura T. A., Koval I. V. Osoblyvosti vodnoho obminu roslyn introdutsentiv rodu *Rosa* L. *Visn. Dnipropetr. un-tu*. 2003. S. 28–32. [in Ukrainian]
4. Kvitko H. P., Sauliak O. M. Formuvannia urozhaiu nasinnia sochevytsi kharchovoi v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: zb. materialiv dop. uchasn. III Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Zhytomyr : Polissia*, 2015. S. 564–568. [in Ukrainian]
5. Kozakov Ye. O. Ontohenetychna chutlyvist do vodnykh stresiv protsesiv formuvannia zernovoi produktyvnosti u hibrvidiv kukurudzy. *Fiziologhiia i biokhimiia kulturnykh rastenii*. 2001. T. 33. № 1. S. 19–14. [in Ukrainian]
6. Kolosovska V. V., Serbinov B. M. Ahrometeorologichni umovy vyroshchuvannia sochevytsi. *Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vyklyky dlia ahrarnoi nauky ta osvity : zbirnyk materialiv VI Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Kyiv*, 2023. S. 64–66. [in Ukrainian]
7. Morhun V. V., Hryhoriuk I. P., Tkachov V. I., Yavorovskyi P. P. Zastosuvannia polimernykh rehulatoriv rostu i dobryv dlia pidvyshchennia zhyttiezdatnosti sadzhantsiv derevnykh porid : Naukovi osnovy i rekomendatsii. Kyiv: Nauk. svit, 2001. 42 s. [in Ukrainian]
8. Pyda S. V., Chernik I. V., Moskaliuk N. V., Matsiuk O. B., Honchar Yu. O. Vplyv mikrobynykh preparativ na pokaznyky vodoobminu lystkiv nutu zvychnaynoho (*Cicer arietinum* L.). *Ternopilski biolohichni chytannia – Ternopil Bioscience – 2023 : mater. Mizhnar. nauk.-prakt. konf. prysviachenoï 100-richchiu vid dnia narodzhennia vidomoi vchenoi-botanika k.b.n., dots. Valentyny Omelianivny Shymanskoi. Ternopil : Vektor*, 2023. S. 73–76. [in Ukrainian]
9. Sukhova H. I. Formuvannia elementiv produktyvnosti sochevytsi zalezhno vid osoblyvostei sortu. *Visnyk KhNAU. Serii: Roslynnnytstvo, selektsiia i nasinnytstvo, plodoovochivnytstvo*. 2012. № 2. S. 106–111. [in Ukrainian]
10. Chernik I. V. Parametry vodoobminu lystkiv nutu zvychnaynoho (*Sicer arietinum* L.) za vplyvu mikrobynykh preparativ. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii : Biologhiia*. 2024. T. 84, No 3–4. S. 68–75. DOI: <https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.3-4.8>. [in Ukrainian]
11. Chernik I. V., Pyda S. V., Tryhuba O. V. Vplyv mikrobynykh preparativ na pokaznyky vodoobminu lystkiv nutu zvychnaynoho (*Sicer arietinum* L.): *Scientific and practical almanac «Innovative science»*, 2025. T. 1. S. 223–229. [in Ukrainian]
12. Kaale L. D., Siddiq M., Hooper S. Lentil (*Lens culinaris* Medik) as nutrient-rich and versatile food legume: A review. *Legume Science*. 2023. Vol. 5, No 2. P. 169–179. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.169>.
13. Mo'ez Al-Islam E. Faris, Mohammad G. Mohammad, Sameh Soliman. Lentils (*Lens culinaris* L.): A candidate chemopreventive and antitumor functional food. *Functional Foods in Cancer Prevention and Therapy*. 2020. P. 99–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816151-7.00006-5>.
14. Oo A. Tun, G. Van Huylenbroeck, S. Speelman. Measuring the Economic Impact of Climate Change on Crop Production in the Dry Zone of Myanmar: A Ricardian Approach. *Climate*. 2020. Vol. 8, No 1. P. 9–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli8010009>.

15. Oguz M., Aycan M., Oguz E., Poyraz I., Yildiz M. Drought Stress Tolerance in Plants: Interplay of Molecular, Biochemical and Physiological Responses in Important Development Stages. *Physiologia*. 2022. Vol. 2, No 4. P. 180–197. DOI: <https://doi.org/10.3390/physiologia2040015>.
16. Wellburn A. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total caroteinds, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. of Plant Physiology*. 1994. Vol. 144, No 3. P. 307–313. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2).

V. O. Kozak, S. V. Pyda

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

THE INFLUENCE OF MICROBIAL PREPARATIONS AND FUNGICIDES ON THE
PARAMETERS OF WATER EXCHANGE IN THE LEAVES OF FOOD LENTILS
(*LENS CULINARIS* MEDIK.)

This study investigated how treating Red lentil (*Lens culinaris* Medik.) seeds with the microbial preparation Rhizobophytes and various *Rhizobium leguminosarum* biovar viceae (*R. leg*) strains (C4-30, 724, F 11-2, F 16-1) affects water exchange in leaves during the bean formation phase. We also examined these effects when fungicides Laivit and Maxim were applied, both individually and in combination with the microbial treatments, for crops grown in the Western Forest-Steppe of Ukraine. Our research revealed that mono-treatment of seeds with microbial preparations, fungicides, or their combined use positively influenced several water exchange parameters: it impacted the water-holding capacity of cytoplasmic colloids; it reduced the water deficit in *Lens culinaris* leaves; it increased the total water content in leaf tissues.

Specifically, inoculating seeds with Rhizobophytes and *R. leg* strains in the presence of Laivit and Maxim fungicides significantly enhanced the water-holding capacity of leaf cytoplasmic colloids after 2 hours of wilting. The lowest water loss after 2 and 4 hours was observed in the variant where seeds were treated with the Maxim + *R. leg* C4-30 combination: 12.69 % $\pm$ 0.14 % after 2 hours; 23.23 % $\pm$ 0.40 % after 4 hours. This represents a 14.2 % and 22.0 % reduction, respectively, compared to the control group. For water loss after 24 hours, the lowest value was found with mono-inoculation of seeds with *R. leg* C4-30, showing a 5.9 % reduction compared to the control. Significant reductions in water loss after 24 hours of wilting were also observed when lentil seeds were inoculated with Rhizobophytes (2.4 %) and *Rhizobium leguminosarum* strains C4-30 (5.9 %), 724 (2.2 %), and F16-1 (1.9 %) compared to the control. Inoculating *Lens culinaris* seeds with microbial preparations prior to sowing, particularly when combined with fungicide treatment, led to a slight increase in the total water content in the leaves of the studied plants during the bean formation phase. The highest tissue watering was determined under the influence of the combined use of *R. leg* C4-30 with the fungicide Maxim. Furthermore, mono-treatment of seeds with the fungicide Laivit significantly reduced the water deficit of lentil leaves by 5.2 % compared to the control.

Key words: food lentil (*Lens culinaris* Medik.), microbial preparations, fungicides, water regime, total water content, water retention capacity, water deficit.

Надійшла 22.04.2025.

¹О. А. ШЕВЧУК, ¹О. О. ТКАЧУК, ¹О. О. ХОДАНІЦЬКА, ¹С. В. ПОЛИВАНИЙ,
¹О. А. МАТВІЙЧУК, ²С. Д. КРИКЛИВА

¹Вінницький державний педагогічний університет імені М. Коцюбинського
вул. Острозького, 32, Вінниця, 21100

²Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова
вул. Пирогова, 56, Вінниця, 21018
e-mail: stepan.polivaniy@ukr.net

ДІЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ НА МОРФОГЕНЕЗ І ПРОДУКТИВНІСТЬ МОРКВИ ПОСІВНОЇ

У статті наведено порівняльну характеристику гумінових препаратів, які застосовували у різних концентраціях, на морфогенез, урожайність та лежкість коренеплодів моркви посівної. Встановлено їх стимулювальний вплив на лабораторну схожість та енергію проростання насіння, морфометричні показники проростків, біометричні характеристики коренеплодів, урожайність, вихід стандартної продукції та лежкість коренеплодів. Лабораторний дослід проводили у науково-дослідній лабораторії фізіології і біохімії рослин кафедри біології Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Польовий дослід проводили з рослинами моркви посівної сорту Нантська, які вирощували в умовах дрібноділянкового досліджу. Для обробки насіння використовували гумінові препарати – Гумісол-плюс 0,5 Овочеві та Гумат калію у концентраціях 0,001 %, 0,005 % та 0,01 %. Гумінові препарати – Гумісол-плюс 0,5 Овочеві та Гумат калію у концентраціях 0,001 %, 0,005 % та 0,01 % підвищували показники лабораторної схожості насіння моркви посівної. Застосування препарату Гумісол-плюс 0,5 Овочеві низької концентрації (0,005 %) більшою мірою вплинуло на показник схожості насіння, підвищуючи його на 19,0 % порівнюючи з контролем, тоді як обробка препаратом Гумату калію – на 32,0 % у концентрації 0,001 %. Найбільше зростання сухої маси проростків (на 28,6 %) спостерігалось за використання Гумісолу-плюс 0,5 Овочеві у концентрації 0,005 %. Маса коренеплодів моркви підвищувалася за проведення передпосівної обробки насіння препаратами Гумісолом-плюс 0,5 Овочеві (0,005 %) на 17,7 % та Гумат калію (0,001 %) на 6,0 % порівняно з контролем. За застосування препарату Гумісол-плюс 0,5 Овочеві вихід стандартної продукції коренеплодів моркви посівної змінювався від 69 до 80 %, а за обробки насіння препаратом Гумату калію – від 58 до 67 %. Вищі показники виходу стандартної продукції виявлені за використання біостимуляторів у концентрації 0,001 %. Обробка насіння гуміновими препаратами покращувала показники лежкості коренеплодів моркви посівної. За 60 днів зберігання коренеплодів моркви у варіантах із застосуванням біостимуляторів втрата маси становила 4 %, тоді як у контролі – 6 %. Передпосівна обробка насіння моркви гуміновими препаратами може бути використана як елемент технології при вирощуванні овочевих культур.

Ключові слова: гумінові препарати, морфогенез, урожайність, насіннева продуктивність, морква посівна, лежкість.

Несприятливий вплив на ріст та розвиток овочевих рослин із середземноморським центром походження культурних видів чинить зміна кліматичних умов, а саме: інтенсивні процеси потепління, такі як висока температура, атмосферна посуха в літній період, низькі денні та нічні температури під час посіву тощо. Тому важливим напрямком щодо тенденції підвищення стійкості рослин до біо- та абіотичних стресів є індукування захисних механізмів організму із застосуванням природних та синтетичних регуляторів росту – фізіологічно активних речовин, що регулюють та інтенсифікують обмінні процеси в овочевих культурах [9, 11]. Це сприяє екологізації промислового виробництва овочів відкритого ґрунту [1, 6].

Використання хімічних добрив для вирощування основних овочевих культур дозволяє суттєво підвищити їхню продуктивність, але в той же час інтенсивне землеробство поступово

призводить до погіршення екологічної обстановки. Продукти трансформації добрив та пестицидів накопичуються в ґрунтах та воді, здійснюючи мутагенну та токсичну дію на живі організми. Тому реальна альтернатива використанню мінеральних добрив – застосування гумінових препаратів, які значно підвищують якість сільськогосподарської продукції, оскільки їх використання дозволяє знизити дози внесення добрив без шкоди для ефективності виробництва.

Гумінові речовини – це активатори метаболічних реакцій, які здатні стимулювати утворення генеративних органів, посилювати або гальмувати процеси онтогенезу різних культур, підвищувати стійкість рослин до стресів [2, 4, 12].

Морква посівна – одна з найважливіших овочевих культур, яка у своїх коренеплодах має високий уміст каротину, мінеральних солей, вітамінів, ефірних олій та вуглеводів. Включення до раціону людини споживання коренеплодів моркви сприяє обміну речовин, покращенню травлення. Споживання моркви для людини є необхідним протягом цілого року, проте існує велика проблема з її збереженням у зимовий період. Тому застосування ефективних елементів технології вирощування для оптимізації процесів росту моркви посівної може сприяти отриманню якісного врожаю у достатній для забезпечення потреб кількості [8].

Метою досліджень було оцінити реакцію моркви посівної на передпосівну обробку насіння гуміновими препаратами, а також їх вплив на продуктивність посівів культури та злежування коренеплодів.

Матеріали та методи досліджень

Лабораторний дослід проводили у науково-дослідній лабораторії фізіології і біохімії рослин кафедри біології Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського.

Польовий дослід проводили з рослинами моркви посівної сорту Нантська, які вирощували в умовах дрібноділянкового дослідів. Площа дослідної ділянки – 10 м², повторність п'ятикратна. Для обробки насіння використовували гумінові препарати – Гумісол-плюс 0,5 Овочеві та Гумат калію у концентраціях 0,001 %, 0,005 % та 0,01 %. Перед сівбою насіння замочували у досліджуваних розчинах та витримували 20 хв, у контрольному варіанті – у воді без препарату.

Для пророщування насіння закладали у чашки Петрі на фільтрувальний папір у триразовій повторності по 100 шт. Після 10 діб дослідів вираховували лабораторну схожість, на 12 день визначали морфометричні показники проростків (сиру та суху масу).

Закладання польових дослідів здійснювали відповідно до методичних рекомендацій за методикою дослідної справи в овочівництві відкритого ґрунту [5]. Посів проводили вручну 10 травня з нормою висіву 200 шт. схожого насіння на 1 м², збирання урожаю та закладку на зберігання – 13–14 вересня. Зібрані коренеплоди розміщували в сітки, нумерували за варіантами дослідів і закладали у сховище на піддони. Зменшення маси розраховували за 60 днів зберігання. Для визначення впливу гумінових препаратів на формування коренеплодів моркви визначали їх середню довжину, аналізуючи 20 рослин у триразовій повторності [7].

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу з порівнянням середніх арифметичних та значущості різниці між ними на персональному комп'ютері із використанням спеціальних пакетів прикладних програм типу Excel, Statistika [3].

Результати досліджень та їх обговорення

Основними лабораторними показниками, які використовують у виробництві для характеристики здатності насіння до проростання, є схожість й енергія його проростання. Встановлено, що гумінові препарати в досліджуваних концентраціях підвищували показники лабораторної схожості насіння моркви посівної сорту Нантська (табл. 1).

Під час проведення оцінки дії препарату Гумісол-плюс 0,5 Овочеві на схожість насіння моркви посівної було виявлено, що передпосівна обробка насіння розчином низької концентрації (0,005 %) значною мірою вплинула на показник схожості, збільшуючи його на 19 %, порівнюючи з контролем.

Таблиця 1

Вплив гуматів на посівні якості насіння моркви посівної (середнє за 2022–2024 рр.)

Варіант	Енергія проростання, %	Схожість, %
Контроль	60,0	62,0
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,001 %	69,0	70,0
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,005 %	74,0	74,0
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,01 %	67,0	67,0
НІР ₀₅	3,5	3,0
Контроль	62,0	63,0
Гумат калію, 0,001 %	83,0	83,0
Гумат калію, 0,005 %	63,0	63,0
Гумат калію, 0,01 %	68,0	70,0
НІР ₀₅	5,2	5,0

Лабораторна схожість насіння у варіантах із застосуванням Гумату калію змінювалася від 63 до 83 %, а у контролі вона склала 63 %. Найкращий ефект був відмічений за використання вищевказаного препарату у концентрації 0,001 %.

Встановлено, що передпосівна обробка насіння гуміновими препаратами впливала не лише на показники схожості, але й на накопичення сирої та сухої мас у надземній частині проростків моркви. При використанні Гумісолу-плюс 0,5 Овочеві сира маса проростків варіювала від 0,0132 до 0,0148 г, а суха – від 0,0069 до 0,0081 г. Найбільший приріст сухої маси проростків (на 28,6 %) спостерігали за використання вищевказаного препарату у концентрації 0,005 % (табл. 2).

Перед сучасним овочівництвом гостро постає питання щодо підвищення врожайності культур, а також виробництва екологічно чистих продуктів харчування. У польових умовах нами було встановлено, що за передпосівної обробки насіння моркви препаратом Гумісолом-плюс 0,5 Овочеві (0,005 %) маса та довжина коренеплодів були вищі, порівнюючи з контролем, на 17,7 та 6,0 % відповідно (табл. 3).

Таблиця 2

Вплив гуматів на морфометричні показники проростків моркви посівної
(середнє за 2022–2024 рр.)

Варіант	Сира маса проростка, г	Суша маса проростка, г
Контроль	0,0113	0,0063
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,001 %	0,0133	0,0075
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,005 %	0,0148	0,0081
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,01 %	0,0132	0,0069
Контроль	0,043	0,0030
Гумат калію, 0,001 %	0,012	0,0033
Гумат калію, 0,005 %	0,037	0,0040
Гумат калію, 0,01 %	0,033	0,0040

Таблиця 3

Вплив гуматів на біометричні показники коренеплодів моркви посівної
(середнє за 2022–2024 рр.)

Варіант	Маса, г	Довжина, см
Контроль	106,5	18,0
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,001 %	122,8	18,4
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,005 %	125,3	19,1
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,01 %	108,3	16,0
НІР ₀₅	4,7	0,8
Гумат калію, 0,001 %	112,8	17,3
Гумат калію, 0,005 %	105,0	17,8
Гумат калію, 0,01 %	93,0	17,1
НІР ₀₅	4,9	0,2

Застосування препарату Гумат калію в концентрації 0,001 % сприяло зростанню маси коренеплодів на 6,0 %, порівнюючи з контролем. Використання Гумісолу-плюс 0,5 Овочеві та Гумату калію у концентрації розчину 0,01 % призводило до зменшення довжини коренеплодів на 11,1 та 5,0 % відповідно.

Досліджено, що обробка насіння перед сівбою впливала на врожайність коренеплодів моркви та вихід стандартної продукції. Загальна врожайність у контролі становила 10,5 кг/м² (табл. 4). Найвищі результати отримано за використання розчинів препаратів Гумат калію та Гумісол-плюс 0,5 Овочеві в концентрації 0,001 % – 13,60 кг/м² та 13,45 кг/м² відповідно. Необхідно зазначити, що у дослідному варіанті із використанням Гумату калію частка вкладу дрібних коренеплодів у загальну врожайність була вищою, порівнюючи з передпосівною обробкою насіння препаратом Гумісол-плюс 0,5 Овочеві.

Таблиця 4

Урожайність і вихід стандартної продукції моркви посівної за використання гуматів

Варіант	Загальна маса коренеплодів, кг/м ²	Маса стандартних коренеплодів, кг/м ²	Вихід стандартної продукції, %
Контроль	10,50	6,50	62,0
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,001 %	13,45	10,70	80,0
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,005 %	11,15	8,55	77,0
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,01 %	11,08	7,65	69,0
НІР ₀₅	0,74	1,05	4,5
Гумат калію, 0,001 %	13,60	9,12	67,0
Гумат калію, 0,005 %	12,55	7,30	58,0
Гумат калію, 0,01 %	13,05	8,55	66,0
НІР ₀₅	0,80	0,66	2,3

Встановлено, що досліджувані препарати впливали на вихід стандартної продукції коренеплодів моркви посівної. Так, при застосуванні біостимулятора росту Гумісол-плюс 0,5 Овочеві цей показник змінювався від 69 до 80 %, а за обробки насіння препаратом Гумату калію – від 58 до 67 %. Найкращі показники виходу стандартної продукції виявлені при використанні біостимуляторів у концентрації 0,001 %.

Відомо, що під час організації збереження плодоовочевої продукції виникають певні труднощі, які викликані особливостями їх хімічного складу. Основною особливістю є високий вміст води від 96 %, тому ці об'єкти зберігання належать до таких, що швидко псуються [10]. Отже, важливим показником збереження цієї продукції є лежкість – здатність плодоовочевої продукції зберігатися тривалий період часу без значних змін в якості і масі.

Встановлено, що передпосівна обробка насіння гуміновими препаратами покращувала показники лежкості коренеплодів моркви посівної (табл. 5). Так, за 60 днів зберігання коренеплодів моркви у варіантах із застосуванням гумінових препаратів втрата маси становила 4 %, тоді як у контролі – 6 %.

Таблиця 5

Вплив гуматів на втрату маси під час зберігання стандартних коренеплодів моркви посівної

Варіант	Маса коренеплодів, кг		Втрата маси, %
	під час закладання	через 60 днів зберігання	
Контроль	6,45	6,10	6
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,001 %	9,29	8,92	4
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,005 %	7,58	7,28	4
Гумісол-плюс 0,5 Овочеві, 0,01 %	6,80	6,52	4
НІР ₀₅	0,70	0,70	-
Гумат калію, 0,001 %	7,45	7,15	4
Гумат калію, 0,005 %	6,24	5,99	4
Гумат калію, 0,01 %	7,56	7,25	4
НІР ₀₅	0,30	0,30	-

Висновки

Передпосівна обробка насіння гуміновими препаратами Гумісол-плюс 0,5 Овочеві та Гумат калію у концентраціях 0,001 %, 0,005 % та 0,01 % підвищувала показники лабораторної схожості насіння моркви посівної.

Маса коренеплодів моркви збільшувалася за передпосівної обробки насіння препаратами Гумісолом-плюс 0,5 Овочеві (0,005 %) на 17,7 % та Гумат калію (0,001 %) на 6,0 %, порівнюючи з контролем.

Препарати впливали на вихід стандартної продукції коренеплодів моркви посівної. При застосуванні біостимулятора росту Гумісол-плюс 0,5 Овочеві цей показник змінювався від 69 до 80 %, а за обробки насіння препаратом Гумату калію – від 58 до 67 %. Найвищі показники виходу стандартної продукції виявлені при використанні біостимуляторів у концентрації 0,001 %.

Біостимулятори покращували показники лежкості коренеплодів моркви посівної, за 60 днів зберігання коренеплодів у варіантах із застосуванням біостимуляторів втрата маси становила 4 %, тоді як у контролі – 6 %.

Передпосівна обробка насіння моркви гуміновими препаратами може бути використана як елемент технології при вирощуванні овочевих культур.

1. Гармаш Н. Ю., Гармаш Г. А. Гумінові препарати як засіб підвищення ефективності мінеральних добрив. *Мікробні біотехнології: актуальність і майбутнє*. Київ, 2012. С. 84–85.
2. Гумінові речовини – безпечні регулятори екосистем / Яшук В. У. та ін. Київ, 2016. 89 с.
3. Крушельницька О. В. Методологія та організація наукових досліджень : навч. посіб. Київ : Кондор, 2003. 192 с.
4. Ласло О. О. Застосування гуматів у системі удобрення кукурудзи як складова екологізації технології вирощування. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2023. Вип. 129. С. 299–305.
5. Овочівництво і баштанництво : міжвідомчий тематичний науковий збірник. Інститут овочівництва і баштанництва НААН. Харків : ВП «Плеяда», 2017. Вип. 63. 388 с.
6. Окрушко С. Є. Вплив стимуляторів росту на урожайність овочевих культур. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 5. С. 34–39.
7. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник / Єщенко В. О. та ін. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
8. Приплавко С. О., Гавій В. М., Шейко В. І. Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на кількісні та якісні показники врожаю коренеплодів моркви сорту Нантська. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія Біологія*. 2023. Т. 83, № 1–2. С. 70–78.
9. Ходаніцька О. О., Шевчук О. А., Ткачук О. О., Матвійчук О. А., Поливаний С. В. Вплив регуляторів росту на формування розсади капусти городньої. *Природнича освіта та наука*. 2024. Вип. 3. С. 74–78.
10. Чередниченко В. М., Чередниченко Л. І. Технології зберігання плодів, овочів і картоплі : навч. посіб. Вінниця : Видавничий центр Вінницького національного аграрного університету, 2010. 115 с.
11. Шевчук О. А., Шевчук В. В., Ходаніцька О. О., Ткачук О. О., Матвійчук О. А., Поливаний С. В. Продуктивність редьки посівної за передпосівної обробки насіння регуляторами росту рослин різнонаправленої дії. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2021. № 1. С. 48–53.
12. Шпак Я. В., Баранов В. І., Терек О. І. Вплив біогумату на морфометричні параметри та вміст пігментів фотосинтезу в листках сорго за умов росту на субстратах породних відвалів вугільних шахт. *Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем* : зб. тез 65-ї наук.-техн. конфер. Львів, 2015. С. 131–133.

References

1. Harmash N. Yu., Harmash H. A. Huminovi preparaty yak zasib pidvyshchennia efektyvnosti mineralnykh dobriv. *Mikrobnі biotekhnolohii: aktualnist i maibutnie*. Kyiv, 2012. S. 84–85. [in Ukrainian]
 2. Huminovi rehovyny – bezpechni rehulatory ekosystem / Yashchuk V. U. ta in. Kyiv, 2016. 89 s. [in Ukrainian]
- 64 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2025. Т. 85, № 1–2

3. Krushelnyska O. V. Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen : navch. posib. Kyiv : Kondor, 2003. 192 s. [in Ukrainian]
4. Laslo O. O. Zastosuvannia humativ u systemi udobrennia kukurudzy yak skladova ekolohizatsii tekhnolohii vyroshchuvannia. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky*. 2023. Vyp. 129. S. 299–305. [in Ukrainian]
5. Ovocivnytstvo i bashtannytstvo : mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk. Instytut ovocivnytstva i bashtannytstva NAAN. Kharkiv : VP «Pleiada», 2017. Vyp. 63. 388 s. [in Ukrainian]
6. Okrushko S. Ie. Vplyv stymulatoriv rostu na urozhainist ovochevykh kultur. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2017. No. 5. S. 34–39. [in Ukrainian]
7. Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii : pidruchnyk / Yeshchenko V. O. ta in. Vinnytsia : PP «TD «Edelweis i K», 2014. 332 s. [in Ukrainian]
8. Pryplavko S. O., Havii V. M., Sheiko V. I. Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia metabolichno aktyvnymy rehovynamy na kilkisni ta yakisni pokaznyky vrozhaiu koreneplodiv morkvy sortu Nantska. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Serii Biolohiia*. 2023. T. 83, No 1–2. S. 70–78. [in Ukrainian]
9. Khodanitska O. O., Shevchuk O. A., Tkachuk O. O., Matviychuk O. A., Polyvanyi S. V. Vplyv rehulatoriv rostu na formuvannia rozsady kapusty horodnoi. *Pryrodnycha osvita ta nauka*. 2024. Vyp. 3. S. 74–78. [in Ukrainian]
10. Cherednychenko V. M., Cherednychenko L. I. Tekhnolohii zberihannia plodiv, ovociv i kartopli : navch. posib. Vinnytsia : Vydavnychiy tsentr Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu, 2010. 115 s. [in Ukrainian]
11. Shevchuk O. A., Shevchuk V. V., Khodanitska O. O., Tkachuk O. O., Matviychuk O. A., Polyvanyi S. V. Produktynnist redky posivnoi za peredposivnoi obrobky nasinnia rehulatoramy rostu roslyn riznonapravlenoi dii. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2021. No 1. S. 48–53. [in Ukrainian]
12. Shpak Ya. V., Baranov V. I., Terek O. I. Vplyv biohumatu na morfometrychni parametry ta vmist pihmentiv fotosyntezy v lystkakh sorho za umov rostu na substratakh porodnykh vidvaliv vuhilnykh shakht. *Naukovi osnovy pidvyshchennia produktynnosti ta biolohichnoi stiykosti lisovykh ta urbanizovanykh ekosystem : zb. tez 65-i nauk.-tekhn. konfer.* 2015. S. 131–133. [in Ukrainian]

¹O. A. Shevchuk, ¹O. O. Tkachuk, ¹O. O. Khodanitska, ¹S. V. Polyvanyi, ¹O. A. Matviychuk,

²S. D. Kryklyva

¹Mychailo Kotsubynskyi Vinnytsia State Pedagogical University, Ukraine

²National Pirogov Memorial Medical University, Ukraine

INFLUENCE OF BIOSTIMULANTS ON MORPHOGENESIS AND PRODUCTIVITY OF CARROT

This article comparatively characterizes the impact of various concentrations of humic preparations on the morphogenesis, yield, and storability of carrot roots (*Daucus carota* L.). We evaluated their stimulating effects on laboratory germination, seed vigor, seedling morphometric parameters, root crop biometric characteristics, overall yield, standard product output, and root storability. The laboratory experiment was conducted at the research laboratory of plant physiology and biochemistry, part of the biology department at Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University. The field experiment utilized Nantes variety carrots grown under small-plot experimental conditions. We treated seeds with two humic preparations: Humisol-plus 0.5 Vegetable and Potassium Humate, each at concentrations of 0.001 %, 0.005 %, and 0.01 %. Both Humisol-plus 0.5 Vegetable and Potassium Humate, across the tested concentrations, increased laboratory germination and seed vigor of carrot seeds. Seed Germination: Humisol-plus 0.5 Vegetable at a low concentration (0.005 %) had a greater impact, increasing germination by 19.0 % compared to the control. Potassium Humate at a concentration of 0.001 % showed an even more significant increase of 32.0 %. Seedling Dry Weight: the highest increase in seedling dry weight (by 28.6 %) was observed with Humisol-plus 0.5 Vegetable at a concentration of 0.005 %. Root Weight: pre-sowing seed treatment with Humisol-plus 0.5 Vegetable (0.005 %) increased carrot root weight by 17.7 %. Potassium Humate (0.001 %) increased root weight by 6.0% compared to the control. Standard Product Output: with Humisol-plus 0.5 Vegetable, the standard product output of carrot roots ranged from 69 % to 80 %. For Potassium

Humate, it ranged from 58 % to 67 %. The best standard product output indicators were achieved when using biostimulants at a concentration of 0.001 %. Storability: treatment with humic preparations improved the storability of carrot roots. After 60 days of storage, carrot root weight loss in the biostimulant variants was 4 %, significantly less than the 6 % observed in the control group. Conclusion: Pre-sowing seed treatment of carrots with humic preparations shows promise as an effective component in vegetable crop cultivation technology.

Key words: humic preparations, morphogenesis, yield, seed productivity, carrot, storability.

Надійшла 14.03.2025.

ОГЛЯДИ

УДК 502.131.1:911.375.1

doi: 10.25128/2078-2357.25.1–2.9

Г. Б. ГУМЕНЮК, В. В. ГРУБІНКО

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: gumenjuk@chem-bio.com.ua

ЯКІСТЬ ҐРУНТУ ЯК ІНДИКАТОР СТАЛОГО РОЗВИТКУ

У статті висвітлено сучасні підходи до оцінки якості ґрунтів у контексті сталого управління земельними ресурсами. Розкрито роль ґрунтового покриву як основи екосистемних послуг і біорізноманіття. Проаналізовано переваги застосування методів машинного навчання (МН) для моделювання властивостей ґрунту, визначення впливу фізичних, хімічних і біологічних показників на його якість. Показано, що використання моделей дозволяє виявляти нові закономірності, формувати наукові теорії та оптимізувати підходи до оцінки ефективності екологічного відновлення природних територій. Запропоновано адаптивний та стратегічний підходи до управління ґрунтовими ресурсами, які можуть підвищити ефективність сталого землекористування в Україні.

Ключові слова: якість ґрунту, стале управління ґрунтами, методи машинного навчання, модель, сталий розвиток, алгоритми, множинна лінійна регресія.

Нині термін «якість ґрунту» широко використовують в усьому світі, що свідчить про зростаюче усвідомлення важливості ґрунту як ключового елементу біосфери. Поняття «якість ґрунту» та «здоров'я ґрунту» часто вживають як синоніми. Дехто надає перевагу поняттю «здоров'я ґрунту», яке підкреслює уявлення про ґрунт як про живу, динамічну систему, що функціонує як єдиний організм, а не як інертну субстанцію. Водночас інші фахівці вважають за доцільне вживати термін «якість ґрунту», який акцентує на його фізичних, хімічних та біологічних властивостях.

Якість ґрунту відіграє ключову роль у трьох основних аспектах сталого управління земельними ресурсами: забезпеченні продуктивності сільськогосподарських культур і тваринництва, збереженні якості природного середовища, а також підтримці здоров'я рослин, тварин і людей. Для ефективної оцінки якості ґрунту сучасні науковці повинні формувати нові дослідницькі підходи та філософії, орієнтовані на цілісне, системне вивчення.

Проведення таких досліджень і впровадження технологій, придатних до застосування фахівцями з землеустрою, потребує міждисциплінарної взаємодії, що охоплює виробничі аспекти, питання екології та охорони здоров'я. Окрім того, ґрунт відіграє важливу роль у збереженні та покращенні якості повітря й води на всіх рівнях – від місцевого до глобального.

Ґрунти виконують важливі екосистемні функції, забезпечуючи життєздатність екосистем і збереження біорізноманіття. Розуміння їхньої якості потребує оцінки екологічних процесів, які в них відбуваються. Однак лише незначна кількість досліджень безпосередньо аналізує ефективність екологічного відновлення через призму показників якості ґрунту. Згідно з сучасними науковими уявленнями, ґрунт розглядають як ключовий самостійний природний ресурс і невід'ємна складова біосфери. Він є обмеженим, незамінним і важковідтворюваним

ресурсом, що характеризується надзвичайною складністю, неоднорідністю та мінливістю. Ґрунтове середовище виконує широкий спектр життєво важливих функцій.

У глобальному масштабі зростає усвідомлення значення ґрунтового покриву, що знаходить відображення у прийнятті міжнародних конвенцій, стратегій і програм, спрямованих на збереження ґрунтів. Підвищена увага до проблем ґрунтів зумовлена їхнім поточним станом, динамікою деградаційних процесів, а також критичною роллю у забезпеченні продовольчої безпеки та виконанні екологічних функцій. Додатковими чинниками є зростання чисельності населення, скорочення площ сільськогосподарських угідь, кліматичні зміни та загострення глобальної продовольчої кризи.

Фахівці Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) окреслюють ключові функції ґрунтів, які умовно поділяють на три основні групи:

- а) продуктивні – пов'язані з формуванням біомаси та забезпеченням сільськогосподарського виробництва;
- б) екологічні (біоекологічні) – включають підтримку біорізноманіття, біоенергетичні функції як резервуари вуглецю, біогеохімічні цикли, гідрологічні процеси, а також газообмінні функції, що забезпечують надання критично важливих екосистемних послуг;
- в) соціально-культурні – відображають зв'язок між суспільством і ґрунтовими ресурсами, впливають на якість життя, безпеку харчування та реалізацію прав людини.

Формула «здорові ґрунти – здорова нація» підкреслює стратегічне значення ґрунтового ресурсу для сталого розвитку. Це визначає високу актуальність питання ефективного управління ґрунтами з урахуванням їхньої просторової неоднорідності. Стан ґрунтового покриву в агроландшафтах є визначальним фактором сталого функціонування біосфери. Надмірна розораність, недотримання агротехнічних норм, безконтрольне застосування мінеральних добрив і пестицидів руйнують природну рівновагу ґрунтових екосистем, що призводить до зниження родючості та подальшої деградації ґрунтів [2, 7, 35]. Це безпосередньо впливає на урожайність і здатність ґрунтів забезпечувати вирощування сільськогосподарських культур [16]. Визначення пріоритетних напрямів дослідження ґрунтів, а також отримання достовірних якісних і кількісних показників у ґрунтознавстві, зокрема щодо прогнозування їхнього стану та оцінки антропогенного впливу, є надзвичайно важливим. Ідентифікація екологічних загроз і ризиків створює передумови для моделювання заходів протидії деструктивним екологічним чинникам та формування ефективного механізму їх реалізації, що сприятиме покращенню стану сільськогосподарських угідь.

Для досягнення цієї мети необхідно дослідити вплив окремих елементів родючості на загальну якість ґрунтів, а також розробити відповідні моделі їх оцінювання.

Визначення пріоритетних напрямів дослідження ґрунтів, а також отримання достовірних якісних і кількісних показників у ґрунтознавстві, зокрема щодо прогнозування їхнього стану та оцінки антропогенного впливу, є надзвичайно важливим. Ідентифікація екологічних загроз і ризиків створює передумови для моделювання заходів протидії деструктивним екологічним чинникам та формування ефективного механізму їхньої реалізації, що сприятиме покращенню стану сільськогосподарських угідь [9].

Для досягнення цієї мети необхідно дослідити вплив окремих елементів родючості на загальну якість ґрунтів, а також розробити відповідні моделі їх оцінювання. Індекс якості ґрунту було розроблено з урахуванням управлінських цілей, орієнтованих не лише на підвищення продуктивності, що в окремих випадках може спричинити деградацію ґрунтів [9], а й на вирішення екологічних питань. У зв'язку з цим, концепція якості ґрунту включає три ключові аспекти: екологічну якість, агрономічну стійкість і соціально-економічну ефективність [5]. Попри складність оцінювання індексу якості ґрунту [11], упродовж останніх років спостерігається суттєвий прогрес у його застосуванні до різноманітних типів ґрунтів [3, 4, 5, 10, 11, 23]. Слід зазначити, що уявлення про якість ґрунту зазнали істотної еволюції, що зумовлено поглибленням знань про ґрунтові процеси та особливості його використання. Показники якості ґрунту повинні достовірно відображати перебіг ґрунтових процесів, інтегрувати різноманітні властивості ґрунту та бути чутливими до змін у навколишньому середовищі [9]. Хоча поняття якості ґрунту на перший погляд є доволі очевидним, його

об'єктивне вимірювання все ще становить певну наукову складність. Під якістю ґрунту зазвичай розуміють його здатність ефективно функціонувати в межах природних або антропогенно трансформованих екосистем, забезпечуючи ріст рослинної продукції при мінімізації процесів деградації [9]. Дослідники [23] вважають, що обмежений набір ретельно відібраних індикаторів може надати вичерпну інформацію для оцінки якості ґрунту.

Серед методів, що застосовуються для визначення цього показника, найчастіше використовують прості лінійні регресії, побудову індексів якості ґрунтів, а також різноманітні багатовимірні статистичні підходи. Із розширенням доступу до відкритих ґрунтових баз даних та результатів експериментальних досліджень, дедалі частіше вдаються до використання методів машинного навчання (МН) для глибокого аналізу ґрунтових характеристик [24].

Множинна лінійна регресія є одним із поширених статистичних методів, що активно застосовують дослідники для оцінки якості ґрунтів у контексті різноманітних систем землекористування [19]. Учені [22, 28] зазначають, що МН відкривають нові можливості у спостереженні, моделюванні та побудові як умовних моделей ґрунтових процесів. Використання МН дозволяє не лише глибше зрозуміти природу змін у ґрунтових характеристиках, але й оцінити вплив ґрунтових показників на загальну якість ґрунту. Крім того, виявлені за допомогою МН нові кореляції та закономірності можуть слугувати основою для формування нових гіпотез і визначення перспективних напрямів подальших досліджень [21].

У дослідженні [33] було застосовано низку методів машинного навчання, зокрема штучні нейронні мережі, метод опорних векторів, а також множинну лінійну регресію для прогнозування одного із ключових показників – органічного карбону. Аналогічно, у роботі [13] розроблено модель оцінки якості ґрунтів на основі множинної лінійної регресії з урахуванням комплексу ґрунтових параметрів.

Результати аналізу сучасних досліджень і публікацій свідчать про зростаючий інтерес наукової спільноти до проблем сталого управління ґрунтами. Особливу активність у цьому напрямку демонструють зарубіжні вчені. Зокрема, дослідники з Німеччини відзначають, що ґрунти є основою сільськогосподарського виробництва, функціонування екосистем і загального добробуту суспільства. Проте, як парадоксально, у багатьох національних і навіть європейських політиках сталому управлінню ґрунтовими ресурсами надається лише обмежена увага [3]. Після проголошення Міжнародного року ґрунтів у 2015 році та ухвалення Всесвітньої хартії ґрунтів, Глобальне ґрунтове партнерство (GSP) при ФАО розробило Добровільні керівні принципи сталого управління ґрунтами (VGSSM), які підтримали країни-члени організації. Однак, попри існуючі рекомендації та ініціативи, їх впровадження залишається недостатнім через відсутність ефективних політичних стимулів, інвестицій, а також обмежену доступність наукових знань для практиків. Як наслідок, проблема деградації ґрунтів залишається актуальною та поширеною у всьому світі [34].

Стале управління ґрунтом (Sustainable Soil Management) у виробничих умовах передбачає таку систему заходів, за якої його функції сприяють забезпеченню екосистемних послуг і збереженню біорізноманіття, природні та економічні ресурси використовуються ефективно, аграрне виробництво залишається економічно прибутковим, а умови праці та виробництва відповідають етичним нормам і стандартам охорони здоров'я [6]. Дослідження у сфері сталого управління ґрунтами потребують міждисциплінарного підходу та мають охоплювати три взаємопов'язані завдання:

- 1) глибоке розуміння впливу методів управління на ґрунтові процеси та функції;
- 2) оцінку сталості практик управління з урахуванням просторової варіабельності геофізичних та соціально-економічних умов;
- 3) формування системного бачення рушійних сил й обмежень, що впливають на прийняття рішень фермерами, а також ролі інструментів управління у формуванні практик сталого використання ґрунтів.

Досягнення цілей сталого управління ґрунтами потребує тісної співпраці між ученими-природознавцями, які досліджують функції ґрунту, та фахівцями із соціальних й економічних наук, що вивчають механізми трансформації цих функцій у соціально-економічно цінні

екосистемні послуги [6]. Актуальні наукові дослідження охоплюють широкий спектр проблем: від аналізу деградації ґрунтів і пошуку шляхів сталої інтенсифікації аграрного виробництва до реалізації цілей сталого розвитку на різних рівнях – глобальному, національному, регіональному й локальному [32].

Зарубіжні вчені активно вивчають такі проблеми:

- екосистемні послуги ґрунтів та їх енергетичний й економічний аналіз [32];
- оцінку якості ґрунтів у контексті сталого землекористування [1];
- рівень обізнаності фермерів щодо якості ґрунтів і методів управління родючістю [14, 15];
- роль аграрних консультацій у підтримці сталого ґрунтового менеджменту [17].

Українські дослідники також роблять вагомий внесок у розвиток цього напрямку, зосереджуючи увагу на таких аспектах, як:

- роль ґрунтів у розвитку суспільства [26, 27];
- сучасний екологічний стан ґрунтів України [12];
- географія, генеза та сучасний стан чорноземів [27];
- оцінка економічних збитків від деградації ґрунтів [18];
- формування сталих систем землекористування й охорони ґрунтів [31];
- управління доступом до оцінки ріллі [20].

Установлено, що чинна система управління ґрунтовими ресурсами в Україні є недостатньо збалансованою і не гарантує збереження їх родючості. Посилення процесів деградації ґрунтів зумовлено конфліктом між державними пріоритетами охорони ґрунтів та приватними інтересами, спрямованими на отримання швидкого прибутку. Отже, розв'язання проблеми деградації ґрунтів вимагає впровадження нових методичних підходів та комплексного вирішення в організаційній, інформаційній, технологічній і фінансовій площинах [8, 12].

Висновки

У сучасних умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, глобальних і регіональних кліматичних змін, недосконалої аграрної практики та неефективного управління земельними ресурсами спостерігається посилення процесів деградації земель сільськогосподарського призначення. Рациональне використання та охорона ґрунтів є одним із ключових чинників забезпечення сталого розвитку аграрної сфери. Вирішення цієї проблеми можливе лише за умови впровадження системних заходів, заснованих на комплексному аналізі стану ґрунтового покриву. Перспективним напрямом досліджень є застосування моделей оцінки якості ґрунтів на основі методів машинного навчання, що забезпечує урахування комплексу фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту для об'єктивної та точної діагностики його стану. У ході дослідження отримано науково обґрунтовані положення щодо вдосконалення сталого управління ґрунтовими ресурсами України, які передбачають адаптивний і інтегрований підходи до оцінювання та збереження родючості ґрунтів. Реалізація таких підходів на національному рівні сприятиме підвищенню ефективності землекористування, відновленню деградованих земель і забезпеченню продовольчої безпеки держави.

1. Adeyolanu O., Ogunkunle A. Soil quality assessment for sustainable land use and management. *International journal of plant & soil science*. 2016. Vol. 13, No. 6. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.9734/ijpss/2016/22136>.
2. Amangaliev B. M. Dynamics of fertility indicators of light-chestnut soil and oil flax productivity under bogarian conditions of southeast kazakhstan. *SABRAO journal of breeding and genetics*. 2023. Vol. 55, No. 6. P. 2195–2206. DOI: <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.6.30>.
3. Andrews S. S., Carroll C. R. Designing a soil quality assessment tool for sustainable agroecosystem management. *Ecological applications*. 2001. Vol. 11, No. 6. P. 1573–1585. DOI: [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[1573:dasqat\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[1573:dasqat]2.0.co;2).
4. Andrews S. S., Karlen D. L., Cambardella C. A. The soil management assessment framework. *Soil science society of america journal*. 2004. Vol. 68, No. 6. P. 1945–1962. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1945>.

5. Andrews S. S., Karlen D. L., Mitchell J. P. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, ecosystems & environment*. 2002. Vol. 90, No. 1. P. 25–45. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/s0167-8809(01)00174-8).
6. Assessment and governance of sustainable soil management / K. Helming et al. *Sustainability*. 2018. Vol. 10, No. 12. P. 4432. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10124432>.
7. Assessment of the potential for a biofuels industry in Ukraine / C. Zulauf et al. *Problems and perspectives in management*. 2018. Vol. 16, No. 4. P. 83–90. DOI: [https://doi.org/10.21511/ppm.16\(4\).2018.08](https://doi.org/10.21511/ppm.16(4).2018.08).
8. Baliuk S., Miroshnychenko M., Medvediev V. Scientific bases of stable management of soil resources of Ukraine. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2018. Vol. 96, No. 11. P. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-01>.
9. Defining soil quality for a sustainable environment / ed. by J. W. Doran et al. Madison, WI, USA : Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1994. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35>.
10. Determination of the quality index of a Paleudult under sunflower culture and different management systems / J. C. Fernandes et al. *Soil and tillage research*. 2011. Vol. 112, No. 2. P. 167–174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.01.001>.
11. Ecological management of intensively cropped agro-ecosystems improves soil quality with sustained productivity / A. K. Bhardwaj et al. *Agriculture, ecosystems & environment*. 2011. Vol. 140, No. 3–4. P. 419–429. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.005>.
12. Environmental state of soils in Ukraine / S. A. Baliuk et al. *Ukrainian geographical journal*. 2012. Vol. 2. P. 38–42.
13. Evaluation of soil quality using multiple lineal regression based on physical, chemical and biochemical properties / R. Zornoza et al. *Science of the total environment*. 2007. Vol. 378, No. 1–2. P. 233–237. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.01.052>.
14. Exploring farmers' indigenous knowledge of soil quality and fertility management practices in selected farming communities of the guinea savannah agro-ecological zone of ghana / R. Ansong Omari et al. *Sustainability*. 2018. Vol. 10, No. 4. P. 1034. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10041034>.
15. Farmers' knowledge of soil quality indicators along a land degradation gradient in Rwanda / A. W. Kuria et al. *Geoderma regional*. 2019. Vol. 16. P. e00199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2018.e00199>.
16. How does national SOC monitoring on agricultural soils align with the EU strategies? An example using five case studies / K. H. E. Meurer et al. *European journal of soil science*. 2024. Vol. 75, No. 2.
17. Ingram J., Mills J. Are advisory services “fit for purpose” to support sustainable soil management? An assessment of advice in Europe. *Soil use and management*. 2019. Vol. 35, No. 1. P. 21–31. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12452>.
18. Kucher A. V., Kucher L. Y. Expert assessment of economic losses caused by soil degradation at agricultural enterprises. *Actual problems of economics*. 2015. Vol. 8. P. 165–169.
19. Lentzsch P., Wieland R., Wirth S. Application of multiple regression and neural network approaches for landscape-scale assessment of soil microbial biomass. *Soil biology and biochemistry*. 2005. Vol. 37, No. 9. P. 1577–1580. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.01.017>.
20. Management of soil fertility based on improvement methodological approach to evaluation of arable land: case of ukraine / Y. Ulko et al. *Journal of environmental management and tourism*. 2019. Vol. 9, No. 7. P. 1559. URL: [https://doi.org/10.14505/jemt.9.7\(31\).18](https://doi.org/10.14505/jemt.9.7(31).18).
21. Ma Y., Minasny B., Wu C. Mapping key soil properties to support agricultural production in Eastern China. *Geoderma regional*. 2017. Vol. 10. P. 144–153. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2017.06.002>.
22. Mjolsness E. Machine learning for science: state of the art and future prospects. *Science*. 2001. Vol. 293, No. 5537. P. 2051–2055. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.293.5537.2051>.
23. On-Farm assessment of soil quality in california's central valley / S. S. Andrews et al. *Agronomy journal*. 2002. Vol. 94, No. 1. P. 12–23. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2002.1200>.
24. Padarian J., Minasny B., McBratney A. B. Machine learning and soil sciences: a review aided by machine learning tools. *Soil*. 2020. Vol. 6, No. 1. P. 35–52. DOI: <https://doi.org/10.5194/soil-6-35-2020>.
25. Pozniak S. Chernozems of Ukraine: past, present and future perspectives. *Soil science annual*. 2019. Vol. 70, No. 3. P. 193–197. DOI: <https://doi.org/10.2478/ssa-2019-0017>.
26. Pozniak S. P., Havrysh N. S. The role of soils in social development of society. *Ukrainian geographical journal*. 2019. Vol. 2019, No. 1. P. 57–61. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.02.057>.
27. Pozniak S. P. Chernozems of ukraine: geography, genesis and current conditions. *Ukrainian geographical journal*. 2016. Vol. 2016, No. 1. P. 09–13. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2016.01.009>.
28. Rossiter D. G. Past, present & future of information technology in pedometrics. *Geoderma*. 2018. Vol. 324. P. 131–137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.009>.

29. Stocking M. A. Tropical soils and food security: the next 50 years. *Science*. 2003. Vol. 302, No. 5649. P. 1356–1359. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1088579>.
30. Sustainable soil management – Farmers' perspectives on subsoil compaction and the opportunities and barriers for intervention / M. H. Thorsøe et al. *Land use policy*. 2019. Vol. 86. P. 427–437. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.017>.
31. Tarariko O. H. Sustainable land use management and soil conservation: urgency and challenges in modern conditions. *Ukrainian geographical journal*. 2016. Vol. 2016, No. 3. P. 56–60. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2016.03.056>.
32. Tools for sustainable soil management: soil ecosystem services, EROI and economic analysis / J. Ö. G. Jónsson et al. *Ecological economics*. 2019. Vol. 157. P. 109–119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.11.010>.
33. Using machine learning algorithms to estimate soil organic carbon variability with environmental variables and soil nutrient indicators in an alluvial soil / K. John et al. *Land*. 2020. Vol. 9, No. 12. P. 487. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9120487>.
34. Voluntary guidelines for sustainable soil management: global action for healthy soils / R. Baritz et al. *International yearbook of soil law and policy 2017*. Cham, 2017. P. 17–36. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-68885-5_3.
35. Zubar I., Pryshliak N., Berezyuk S. Ecological and economic problems of fertilizers application in crop production. *Bulgarian journal of agricultural science*. 2021. Vol. 27. P. 29–37.

H. B. Humeniuk, V. V. Hrubinko

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

SOIL QUALITY AS AN INDICATOR OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

This article examines modern approaches to assessing soil quality within the framework of sustainable land management. It emphasizes the importance of an interdisciplinary approach that integrates agronomic, ecological, and socio-economic considerations. Particular attention is given to the ecosystem functions of soil, including its vital role in preserving biodiversity, maintaining air and water quality, and contributing to biomass formation. The article highlights the necessity of developing effective soil quality evaluation models that account for spatial heterogeneity, relevant indicator parameters, and potential anthropogenic impacts. It analyzes the concept of a soil quality index, which integrates productivity, ecological stability, and social relevance. The critical role of high-quality monitoring is underscored as a means to counteract degradation processes and develop scientifically sound strategies for soil resource conservation. The article reveals the central role of soil cover as the foundation for ecosystem services and biodiversity. It analyzes the advantages of using machine learning (ML) methods for modeling soil properties and determining the influence of physical, chemical, and biological indicators on soil quality. The use of ML models is shown to enable the identification of new patterns, the formation of scientific theories, and the optimization of approaches to assessing the effectiveness of ecological restoration in natural areas. The article proposes adaptive and strategic approaches to soil resource management that can enhance the effectiveness of sustainable land use in Ukraine.

Three main tasks of sustainable soil management are defined:

1. Analyzing the impact of management practices on soil processes.
2. Assessing the sustainability of these practices, considering spatial variability.
3. Understanding the social and economic factors that influence decision-making.

The article outlines current trends in international and domestic research on sustainable soil use. It concludes that Ukraine's existing soil management system is insufficiently effective, contributing to the intensification of soil degradation processes. Therefore, the necessity of introducing new approaches to the organization, financing, and monitoring of soil resources is substantiated to ensure their preservation and restoration.

Key words: soil quality, sustainable soil management, machine learning methods, model, sustainable development, algorithms, multiple linear regression.

Надійшла 16.05.2025.

¹А. Ю. КОРНІЄНКО, ¹В. В. ГРУБІНКО, ¹Г. В. ЧВАЛЮК, ²І. В. КАЛІНІН¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

²Національний університет біоресурсів та природокористування

вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041

e-mail: arkorniienko@gmail.com

МІКРО- ТА РІДКОЗЕМЕЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ У ВОДІ ТА ВОДНИХ ОРГАНІЗМАХ ПРІСНОВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

У цій оглядовій статті представлено всебічний аналіз ролі мікро- та рідкоземельних елементів (РЗЕ) у прісноводних екосистемах з акцентом на їхні джерела, біологічне значення, закономірності накопичення та потенційні екологічні ризики. Огляд узагальнює сучасні дослідження щодо участі цих елементів у біохімічних процесах, вплив на біорізноманіття, а також внесок у стабільність екосистем та процеси евтрофікації водних середовищ. Розглянуто біоаккумуляцію елементів у водних організмах, описано фактори, що впливають на їхнє засвоєння, накопичення та просування по трофічних ланцюгах. Також проаналізовано ризики, пов'язані з надмірними концентраціями елементів, які можуть спричиняти токсичні ефекти, оксидативний стрес і фізіологічні порушення метаболізму водних організмів.

Значну увагу приділено рідкоземельним елементам. Розкрито їхню потенційну роль у біологічних процесах, взаємодію з іншими хімічними елементами та вплив на клітинний метаболізм.

Огляд також включає аналіз механізмів забруднення РЗЕ, їхньої міграції у водних системах і можливих довготривалих екологічних наслідків.

Додатково розглянуто біогеохімічні цикли мікро- та рідкоземельних елементів, включаючи фактори, що впливають на їхню біодоступність і токсичність, зокрема рН, окисно-відновні умови та взаємодію з органічною речовиною. Визначено важливість моніторингу вмісту цих елементів у водних екосистемах як складової частини природоохоронних заходів.

Ключові слова: мікроелементи, рідкоземельні елементи, прісноводні екосистеми, біоаккумуляція, токсичність, евтрофікація, антропогенний вплив.

Мікроелементи (МЕ) є важливими компонентами прісноводних екосистем, оскільки вони впливають на фізіологічні та біохімічні процеси водних організмів, забезпечують необхідні умови для їх життя, зокрема водоростей, та впливають на загальний стан водних біоценозів. До основних мікроелементів, що трапляються у прісноводних водоймах, належать: Залізо (Fe), Мідь (Cu), Цинк (Zn), Марганець (Mn), Молібден (Mo), Кобальт (Co), Бор (B), Нікель (Ni), Йод (I), Флуор (F) [11]. Вони є необхідними для життєдіяльності водних організмів, оскільки входять до складу ферментів, беруть участь у забезпеченні метаболічних процесів. Проте надлишок цих елементів у водному середовищі може спричинити його токсичність, що негативно впливає як на окремі організми, так і на цілі прісноводні екосистеми загалом [16].

Джерелами надходження мікроелементів у водне середовище можуть бути як природні шляхи, так і антропогенна діяльність.

Видом антропогенної активності є господарська діяльність людини, а саме: побутові стоки міст, змиви із земельних угідь після агро- та фітообробки [12]. Таким чином до гідроєкосистем можуть надходити такі речовини та сполуки, як: оксиди сірки, азоту, фосфору, вуглецю, свинець, органічні речовини (гумінові компоненти, рештки відмерлих організмів рослин та тварин, нафтопродукти), сполуки важких металів.

До наслідків непрямого впливу людини можна віднести поверхневий стік з берегів, коли відбувається вимивання неорганічних солей (сульфатів, хлоридів, карбонатів кальцію, магнію, свинцю, кадмію). Таким же чином до водойм потрапляють й органічні сполуки.

До природних джерел мікроелементів у гідроєкосистемах належать геохімічні процеси, вивітрювання гірських порід, атмосферні опади, а також внесення мінералів через стік із

лісових, лугових і болотних екосистем. В атмосферних опадах накопичуються забруднюючі речовини внаслідок викидів відходів промислових підприємств, транспорту та міських котелень. Дощі, сніг і туман можуть переносити мікроелементи з повітря у складі пилу, солей та інших частинок. Після вивітрювання мінералів у ґрунтах мікроелементи, які потрапили у воду, можуть існувати у формі розчинних іонів або бути зв'язаними з частинками осаду. Їх біодоступність залежить від хімічної форми, рН води та інших фізико-хімічних умов [29]. Наприклад, оксиди металів та інші аерозолі, що утворюються у результаті ерозії ґрунту, осідають разом з атмосферними опадами [16], весняне танення снігу сприяє розмиванню ґрунту і надходженню забруднень у водойми та турбулентне перемішування води.

Особливу роль у контамінації гідроекосистеми відіграє міграція мікроелементів із донних відкладів. У процесі біохімічного розкладу органічних речовин або під впливом зміни параметрів водного середовища (наприклад, кислотності чи вмісту кисню) мікроелементи можуть переходити з донних осадів у розчинену форму, впливаючи на склад води.

Вони відіграють ключову роль у біохімічних процесах прісноводних організмів, забезпечуючи їх нормальний розвиток, метаболізм та адаптацію до умов довкілля, підтримки імунної системи. МЕ є незамінними компонентами ферментів, коферментів, гормонів та структурних білків, що дозволяє підтримувати функціонування клітинних систем [9].

Вміст мікроелементів у флорі прісноводних екосистем впливає на зростання і розвиток мікрободоростей, що є первинними продуцентами в екосистемах, забезпечуючи кисень і органічні речовини для інших організмів, а також здійснюють фотосинтетичні процеси, зокрема для синтезу хлорофілу та активації ферментів, які регулюють вуглецевий і азотний обміни. Наприклад, Залізо (Fe) є основним компонентом ферментів, таких як ферредоксин, що беруть участь у фотосинтезі, ефективність якого знижується за нестачі цього МЕ та може призводити до зменшення продуктивності та порушень росту (особливо в оліготрофних водоймах), зниження стійкості до стресових факторів та хвороб водної рослинності [3, 8]. Тоді як його надлишок може сприяти розмноженню шкідливих видів водоростей або «цвітінню» води.

Ключовим компонентом прісноводних екосистем є фітопланктон, який виконує фундаментальну роль у підтримці біологічної рівноваги, стабільності прісноводних екосистем та слугує індикатором їхнього екологічного стану [7].

Надлишкове накопичення мікроелементів у водоростях може також виступати індикатором екологічного стану водойми. Завдяки своїй здатності швидко реагувати на зміни у середовищі, вони є важливим об'єктом для моніторингу забруднення води. Високі концентрації токсичних елементів можуть пригнічувати розвиток корисних видів і сприяти розмноженню патогенних або шкідливих водоростей [29]. Наприклад, підвищення рівня Цинку (Zn) та Молібдену (Mo) може стимулювати ріст деяких видів водоростей, що водночас може призвести до зменшення біорізноманіття рослин та риб.

Ефективне управління водними ресурсами включає регулярний моніторинг мікроелементів у водоймах. Використання сучасних аналітичних методів, таких як спектроскопія, дозволяє точно визначати концентрації елементів і виявляти потенційні ризики для екосистеми. Це важливо для збереження біорізноманіття і підтримки «здорових» водних екосистем [29].

Не менш важливим є вплив мікроелементів і на іхтіофауну, зокрема одним із найважливіших є залізо (Fe), яке входить до складу гемоглобіну, міоглобіну та цитохромів. Його сполуки беруть участь у транспортуванні кисню, диханні клітин і процесах енергозабезпечення [17].

Цинк (Zn) регулює активність численних металоферментів, зокрема карбоангідрази, яка важлива для підтримання кислотно-лужного балансу в організмах. Він також сприяє синтезу ДНК, білків та регулює ріст водної рослинності, що впливає на якість водного середовища [24]. Мідь (Cu) необхідна для функціонування багатьох ферментів, зокрема тих, що беруть участь у процесах фотосинтезу та азотного обміну, виступає в ролі кофактора в окисно-відновних реакціях. Вона бере участь у синтезі меланіну, функціонуванні дихального ланцюга, а також

сприяє імунній відповіді у водних тварин. Проте її надлишок може викликати токсичні ефекти, пригнічуючи активність фітопланктону [1], та порушувати дихальні функції риб і моллюсків.

Марганець (Mn) є важливим елементом у метаболізмі вуглеводів та ліпідів. У рослин він входить до складу фотосинтетичного комплексу, відповідального за розщеплення води в процесі фотосинтезу, а також активує ферменти, що регулюють антиоксидантний захист [30]. Марганець (Mn) та Молібден (Mo) важливі для обміну азотом, зокрема, для синтезу амінокислот і нуклеїнових кислот.

Селен (Se) діє як потужний антиоксидант завдяки своїй участі в утворенні глутатіонпероксидази, яка захищає клітини від оксидативного стресу. У водних організмів він забезпечує захист мембран клітин від ушкоджень та підтримує імунітет [17].

Крім того, важливим є вплив Кобальту (Co), який входить до складу вітаміну B12, необхідного для нормального функціонування багатьох водних організмів. Відомо, що дефіцит Кобальту (Co) може призводити до порушень метаболізму та, як наслідок, до зниження популяцій певних видів риб і безхребетних. Водночас антропогенні джерела, такі як стічні води та промислові відходи, збільшують концентрацію цього мікроелемента до токсичних рівнів, що може мати негативні наслідки для біорізноманіття водойм [4].

Мікроелементи мають властивість до біоаккумуляції – накопичення в організмах прісноводних водойм, що є наслідком їх надходження, накопичення та перерозподілу у тканинах та органах гідробіонтів. Це один з найбільш важливих аспектів існування водних організмів, оскільки тривала біоаккумуляція може призвести до інтоксикації. Процес залежить від низки чинників, зокрема фізико-хімічних властивостей водного середовища, біологічних особливостей організмів, трофічного рівня та способу живлення [1].

Мікроелементи надходять до водних організмів переважно двома шляхами: безпосередньо з води через зябра та покриви або опосередковано через харчовий ланцюг. Різні види мають специфічні механізми накопичення, які визначаються їхніми фізіологічними особливостями. Наприклад, бентосні безхребетні, такі як моллюски та кільчасті черви, поглинають мікроелементи з донних відкладень, тоді як риби можуть акумулювати їх як із води, так і через споживання забруднених харчових компонентів (у тому числі кормів) [27]. Рівень біоаккумуляції мікроелементів варіюється залежно від їхньої хімічної форми та здатності організмів до детоксикації. Елементи, такі як Мідь (Cu), Цинк (Zn) та Селен (Se), є життєво необхідними для метаболізму, але у високих концентраціях можуть проявляти токсичний вплив. Водночас важкі метали, такі як Кадмій (Cd), Свинець (Pb) та Ртуть (Hg), навіть у низьких концентраціях можуть викликати порушення функціонування ферментних систем, гомеостазу та репродуктивних процесів у водних організмів [18].

Накопичення мікроелементів у різних тканинах організмів є нерівномірним. Наприклад, печінка та нирки риб часто мають вищі концентрації металів, ніж м'язова тканина, що пов'язано з їхньою участю в метаболічних процесах та функціями детоксикації. Деякі організми, зокрема двостулкові моллюски, використовуються як біоіндикатори забруднення водного середовища через їхню здатність концентрувати мікроелементи у своїх тканинах [21]. Важливим аспектом є біомагніфікація – процес посилення концентрації мікроелементів на вищих трофічних рівнях. Це особливо актуально для токсичних металів, таких як ртуть, яка у формі метилртуті накопичується у великих хижих рибах і становить ризик для здоров'я людини при споживанні риби [20].

Основною причиною токсичних явищ є високі рівні біоаккумуляції в організмах гідробіонтів. Високі концентрації мікроелементів можуть перевищувати толерантні межі організмів, що призводить до порушень у функціонуванні клітинних процесів (рисунок). Наприклад, надлишок Міді (Cu) може інгібувати дихальні ферменти, знижувати активність фотосинтезу у водоростей та викликати оксидативний стрес у риб. Подібним чином надлишок Цинку (Zn) впливає на роботу іонних каналів і може викликати токсичне ураження зябер у риб [1]. Токсичність мікроелементів також посилюється в умовах певних фізико-хімічних параметрів водного середовища, таких як кислотність (pH), жорсткість води та наявність органічних речовин. Наприклад, у кислих водах підвищується розчинність багатьох металів, що збільшує їх біодоступність і, відповідно, токсичність [10]. Для сталого функціонування та

зниження ризиків токсичної дії у водних екосистемах високих концентрацій мікроелементів, забезпечують моніторинг і регуляцію їх вмісту, серед яких промислові скиди, сільське господарство. Для збереження стійкості прісноводних екосистем також є важливим підвищення обізнаності громадськості та залучення її до процесу прийняття рішень.

Вплив важких металів на рослинні клітини є серйозною екологічною проблемою, що негативно позначається на рості та розвитку рослин. Накопичення таких металів, як кадмій, свинець і мідь, призводить до фітотоксичності, яка проявляється в хлорозі, зниженні біомаси та пригніченні фотосинтезу. Основним механізмом цієї токсичності є надмірне утворення активних форм кисню (АФК), що спричиняє окислювальний стрес. Для боротьби з ним рослини активують захисні механізми, зокрема синтезують фітохелатини – олігопептиди, які зв'язують важкі метали та сприяють їх детоксикації. Розуміння цих процесів є ключовим для розробки стратегій фіторе mediaції та підвищення стійкості рослин до забруднення важкими металами [14].

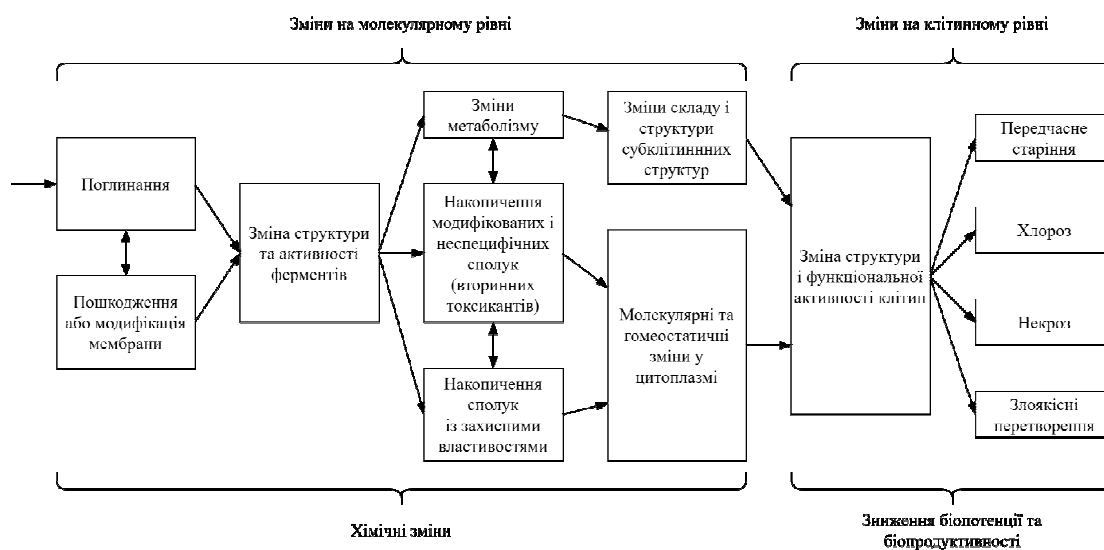


Рисунок. Схема інтоксикаційної патології клітини.

Колообіг мікроелементів у прісноводних екосистемах є важливим аспектом біогеохімічних процесів, які забезпечують підтримку життєдіяльності водних організмів. Важливість полягає в тому, що їхня присутність у належних концентраціях необхідна для підтримки екологічного балансу та здоров'я екосистеми. Після потрапляння мікроелементів у воду вони піддаються процесам мобілізації, адсорбції та осадження. Важливу роль відіграють фізико-хімічні умови водойми, такі як рН, температура, концентрація органічної речовини та наявність інших іонів. При зміні цих умов мікроелементи можуть осаджуватися на дні або, навпаки, мобілізуватися у водну товщу, стаючи доступними для біоти. Наприклад, за умов високої кислотності вони можуть сприяти осадженню заліза у вигляді оксидів, тоді як у редукційних умовах залізо може переходити у розчинений стан, доступний для засвоєння організмами.

Біологічні процеси також суттєво впливають на цикл мікроелементів. Водні рослини, фітопланктон та інші організми, що накопичують мікроелементи з води, використовують їх для своїх фізіологічних потреб, і з часом вони відмирають. У ході цього процесу мікроелементи повертаються у воду або можуть залишатись в осаді, забезпечуючи постійний колообіг. Антропогенні зміни, такі як внесення добрив і забруднення, можуть призводити до надлишку або дефіциту певних елементів у екосистемах, що впливає на їхнє здоров'я та стійкість [6].

Стійкість екосистеми визначається її здатністю витримувати та адаптуватися до змін, зберігаючи свої функції та структуру. У цьому контексті мікроелементи відіграють важливу роль у підтриманні екологічного балансу. Їхня концентрація та зміни в біогеохімічних циклах

може як позитивно, так і негативно впливати на біорізноманіття та функціонування екосистем [1]. Наприклад, дефіцит заліза є причиною зниження продуктивності популяцій організмів, а надмірна кількість певних елементів може сприяти евтрофікації, що призводить до утворення «мертвих зон» з низьким рівнем кисню.

Зростання попиту на рідкоземельні елементи (РЗЕ) пов'язане з активним розвитком сучасних технологій, які потребують унікальних фізико-хімічних властивостей цих елементів. РЗЕ, такі як Лантан (La), Неодим (Nd), Європій (Eu), Тербій (Tb) та Диспрозій (Dy), знаходять широке застосування в медицині, сучасній промисловості: виробництві електроніки, оптики, постійних магнітів, акумуляторів та каталізаторів. Особливо помітно зростає їх значення у створенні енергоефективних та екологічно чистих технологій, зокрема в електромобілях, вітрових та сонячних електростанціях. Разом з тим підвищений попит на рідкоземельні елементи створює економічні й екологічні виклики, оскільки їх видобуток і перероблення супроводжуються значним впливом на довкілля. Розвиток індустріалізації та цифровізація призводять до збільшення потреби у видобутку цих елементів, що водночас вимагає пошуку нових джерел та більш ефективних методів їх переробки. Застосування РЗЕ в різних галузях обумовлює антропогенне походження у водоймах, а недостатній контроль за видобутком може призводити до забруднення ґрунтів і водних екосистем, у тому числі прісноводних, через викиди токсичних відходів [19]. У прісноводних екосистемах вони присутні в малих концентраціях, однак джерела їхнього надходження можуть суттєво варіюватися залежно від регіону та наявності відповідного антропогенного впливу.

Серед природних джерел рідкоземельних елементів можуть бути геологічні та геотермальні джерела, атмосферні опади. З-посеред геологічних джерел варто виокремити вивітрювання порід, що можуть містити такі мінерали, як монацит, бастнезит та ксенотим, які піддаються ерозії та вимиванню у водойми. Підземні води, що проходять через зони активності гідротермальних джерел, можуть бути збагачені рідкоземельними елементами. Проте основним джерелом залишаються антропогенні впливи. Серед них – гірничовидобувна промисловість, пов'язана з видобутком та переробкою рідкоземельних мінералів, що сприяє потраплянню їх у водойми [2].

Такі елементи, як Лантан (La), Церій (Ce), Празеодим (Pr) та Неодим (Nd), відіграють важливу роль у біохімічних процесах прісноводних екосистем, яка потребує дослідження. Вони характеризуються високою хімічною активністю, здатністю до утворення комплексів з органічними сполуками та впливають на метаболізм організмів навіть у низьких концентраціях. Ці елементи демонструють високу специфічність до різних біохімічних процесів, що дозволяє їм регулювати фізіологічні процеси на клітинному рівні [26].

У рослинних організмів рідкоземельні елементи можуть стимулювати ріст і розвиток, впливаючи на фотосинтез і транспорт поживних речовин. Наприклад, Лантан (La) сприяє підвищенню активності ферментів, які беруть участь у фотосинтетичних процесах, таких як фіксація вуглецю. Ці процеси є критичними для продуктивності водних екосистем, адже саме завдяки їм формується основна біомаса. Крім того, рідкоземельні елементи впливають на синтез хлорофілу та підвищують стійкість рослин до дії важких металів у токсичних концентраціях. Деякі дослідження показують, що застосування РЗЕ в низьких концентраціях може покращувати адаптаційні механізми водоростей до змін температурного режиму та освітлення. Роль рідкоземельних елементів також простежується у впливі на мікробіоту, яка взаємодіє з рослинами. Наприклад, присутність празеодиму та неодиму в середовищі стимулює активність азотфіксуючих бактерій, що забезпечує ефективніше збагачення ґрунтів і води азотом. Такий ефект особливо важливий у прісноводних екосистемах, де дефіцит поживних речовин може стримувати розвиток біоти.

У тваринних організмів рідкоземельні елементи можуть впливати на роботу нервової системи, процеси детоксикації та ферментативну активність. Наприклад, церій здатен модулювати антиоксидантні системи, зменшуючи рівень оксидативного стресу у риб та інших водних організмів. Це сприяє покращенню виживання водних організмів у несприятливих екологічних умовах, таких як підвищений рівень забруднення.

Лантан (La) також може впливати на регуляцію обміну кальцію, що має ключове значення для функціонування м'язової та кісткової тканин. Навіть мінімальні концентрації рідкоземельних елементів в середовищі здатні покращувати якість розмноження риб, впливаючи на розвиток і функціональність гонад. Крім того, Празеодим (Pr) може відігравати важливу роль у регулюванні процесів осморегуляції у гідробіонтів, що дозволяє їм краще адаптуватися до змін хімічного складу води [25].

Хоча у низьких концентраціях рідкоземельні елементи часто виконують стимулюючі функції, їхній надлишок може призводити до токсичних ефектів. Зокрема, у прісноводних екосистемах високі концентрації можуть порушувати фізіологічні процеси, викликати дисбаланс іонів та пригнічувати ферментативну активність. Дослідження показують, що токсичність рідкоземельних елементів (зокрема кальцієвого та магнієвого балансу, що впливає на функціонування клітинних мембран і метаболізм) особливо сильно проявляється у водних організмів, які знаходяться на нижчих рівнях трофічної піраміди, таких як планктонні ракоподібні, личинки комах, риб, молюсків та водорості [22].

Так, підвищені концентрації Лантану (La) або Гадолінію (Gd) можуть блокувати кальцієві канали, що призводить до порушення нейром'язової передачі та серцевої діяльності в риб [14].

Основною причиною надмірних концентрацій рідкоземельних елементів у водному середовищі виступають антропогенні фактори (промислові викиди, фосфатні добрива тощо). Моніторинг та регуляція накопичення рідкоземельних елементів у прісноводних водоймах може сприяти відновленню деградованих екосистем та підтримці біорізноманіття. Хоча роль цих елементів у біохімічних процесах ще вивчається, зі зростанням обсягів їх вживання підвищується їх вплив на стале використання водних ресурсів [22].

Висновки

Результати цього огляду підкреслюють необхідність подальших досліджень мікро- та рідкоземельних елементів у прісноводних екосистемах, особливо щодо їхнього накопичення, взаємодії з водними організмами та потенційних довгострокових ефектів. Важливим є також впровадження регуляторних заходів, щодо удосконалення технологій очищення стічних вод і розробка екологічно сталих підходів до зниження рівня забруднення для збереження водних екосистем.

Для здоров'я та продуктивності прісноводної флори та фауни важливою є збалансована наявність мікро- та макроелементів у водному середовищі. Вони є необхідними компонентами ферментів, гормонів і вітамінів, що забезпечують обмін речовин, ріст, розмноження та інші важливі біологічні процеси. Порушення цього балансу (через забруднення важкими металами та біогенними елементами) може призводити до змін у структурі біоценозів, зниження рівня первинної продукції органічних речовин продуцентами та розвитку евтрофікації. Це, у свою чергу, знижує біорізноманіття і призводить до деградації екосистеми. Хоча функція макроелементів в евтрофікації добре досліджена, мікроелементи також відіграють важливу роль у цьому процесі. Сільськогосподарські стоки, промислові відходи, міські зливи, осушення водойм, застосування агрохімікатів та ерозія ґрунтів сприяють збагаченню водойм цими елементами, що змінює хімічний склад води, впливає на їх біодоступність.

1. Антоняк Г. Л., Багдай Т. В., Першин О. І., Бубис О. Є., Панас Н. Є., Олексюк Н. П. Метали у водних екосистемах та їх вплив на гідробіонти. *Біологія тварин*. 2015. Т. 17, № 2. С. 9–24.
2. Бабієнко В. В., Мокієнко А. В. Гігієна води та водопостачання населених місць : навч. посіб. Одеса : Прес-кур'єр, 2021. 372 с.
3. Грициняк І. І., Янович Д. О., Швець Т. М. Біологічна роль та токсична дія молібдену у гідроекосистемах (огляд). *Рибогосподарська наука України*. 2016. № 3 (37). С. 32–46. DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2016.03.032>.
4. Гроховська Ю. Екологічні основи збалансованого використання ресурсів водних екосистем басейну Прип'яті : автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Київ, 2017. 41 с.
5. Довгий С., Іванченко В., Коржнев М. Мінерально-сировинна комплекс та сталий розвиток України. Київ : Логос, 2014. 236 с.
6. Дудник С., Євтушенко М., Цедик В. Водна токсикологія : метод. посіб. Київ : Вид-во Укр. фітосоціол. центру, 2014. 108 с.

7. Екосистема зарегульованої водойми в умовах урбанавантаження: на прикладі Тернопільського водосховища / В. Грубінко та ін. Тернопіль : Вектор, 2013. 201 с.
8. Марків В. С., Вовчек Н. О. Кобальт у водних екосистемах: форми знаходження, біологічне значення та токсичність для риб. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2024. Т. 84, № 2. С. 58–73. DOI: <https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.2.7>.
9. Осташко В. Ф. Мікроелементи і макроелементи. Енциклопедія Сучасної України. URL: <https://esu.com.ua/article-69329> (дата звернення: 06.02.2025).
10. Рабченко О. О., Хоменчук В. О., Курант В. З. Ферум у водних екосистемах: форми знаходження, біологічне значення та токсичність для риб. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2016. № 3–4. С. 107–119.
11. Хільчевський В. Агрогідрохімія : підручник. Київ : ДІА, 2021. 176 с.
12. A comprehensive review on metallic trace elements toxicity in fishes and potential remedial measures / S. Naz et al. *Water*. 2023. Vol. 15, No. 16. P. 3017. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15163017>.
13. A comprehensive review on the heavy metal toxicity and sequestration in plants / R. Riyazuddin et al. *Biomolecules*. 2021. Vol. 12, No. 1. P. 43. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom12010043>.
14. Ali B., Gill R. A. Editorial: Heavy metal toxicity in plants: Recent insights on physiological and molecular aspects, volume II. *Frontiers in Plant Science*. 2022. T. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1016257>.
15. An updated review of toxicity effect of the rare earth elements (rees) on aquatic organisms / N. Malhotra et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, No. 9. P. 1663. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10091663>.
16. Assessment of trace and macroelement accumulation in cyprinid juveniles as bioindicators of aquatic pollution: effects of diets and habitat preferences / K. Nyeste et al. *Scientific reports*. 2024. Vol. 14, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61986-4>.
17. Averill B., Eldredge P. General chemistry: Principles, patterns, and applications. Pearson College Div : Saylor Foundation, 2007. 1250 p.
18. Bioaccumulation and Bioremediation of Heavy Metals in Fishes—A Review / F. Jamil Emon та ін. *Toxics*. 2023. T. 11, № 6. P. 510. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics11060510>.
19. Chapin F. S., Matson P. A., Vitousek P. M. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. New York, NY : Springer New York, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9504-9>.
20. Che Abdullah M. I., Md Shah A. S. R., Haris H. Bioaccumulation and Health Risk Assessment of Trace Elements in *Oreochromis niloticus* in Bukit Merah Lake, Malaysia. *Tropical Life Sciences Research*. 2022. T. 33, № 2. P. 179–195. DOI: <https://doi.org/10.21315/tlsr2022.33.2.9>.
21. Distribution, partitioning, bioaccumulation of trace elements in water, sediment and fish from sewage fed fish ponds in eastern Kolkata, India / B. Kumar та ін. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 2010. T. 92, № 2. P. 243–260. DOI: <https://doi.org/10.1080/02772240902942394>.
22. Effects of rare earth elements in the aquatic environment: Implications for ecotoxicological testing / M. Revel та ін. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2024. P. 1–42. DOI: <https://doi.org/10.1080/10643389.2024.2406992>.
23. Facey J. A., Apte S. C., Mitrovic S. M. A Review of the effect of trace metals on freshwater cyanobacterial growth and toxin production. *Toxins*. 2019. T. 11, № 11. P. 643. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11110643>.
24. Hamel M. J., Gerrin W. L. A regional analysis of trace element water chemistry with applications for reconstructing environmental life history of fishes. *River Research and Applications*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/rra.4417>.
25. Rare earth elements – Source and evolution in an aquatic system dominated by mine-Influenced waters / P. Gomes та ін. *Journal of Environmental Management*. 2022. T. 322. P. 116125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116125>.
26. Spatial Distribution and Sources of Rare Earth Elements in Urban River Water: The Indicators of Anthropogenic Inputs / X. Gao та ін. *Water*. 2023. T. 15, № 4. P. 654. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15040654>.
27. Species-specific bioaccumulation of trace metals among fish species from Xincun Lagoon, South China Sea / W. Feng та ін. *Scientific Reports*. 2020. T. 10, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77917-y>.
28. Sunda W. G. Feedback Interactions between trace metal nutrients and phytoplankton in the ocean. *Frontiers in Microbiology*. 2012. Vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00204>.
29. Trace metal levels in freshwater fish, sediment and water / Z. Sandor et al. *Environmental Science and Pollution Research*. 2001. Vol. 8, No. 4. P. 265–268. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02987404>.
30. Trace metals and nutrient analysis of marine fish species from the Gwadar coast / M. Khawar та ін. *Scientific Reports*. 2024. T. 14, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57335-0>.

References

1. Antoniuk H. L., Bahdai T. V., Pershyn O. I., Bubys O. Ie., Panas N. Ye., Oleksiuk N. P. Metaly u vodnykh ekosystemakh ta ikh vplyv na hidrobionty. *Biologhiia tvaryn*. 2015. T. 17, No 2. S. 9–24. [in Ukrainian]
2. Babiienko V. V., Mokiienko A. V. Hihiiena vody ta vodopostachannia naselenykh mist : navch. posib. Odesa : Pres-kurier, 2021. 372 s. [in Ukrainian]
3. Hrytsyniak I. I., Yanovych D. O., Shvets T. M. Biologichna rol ta toksychna diia molibdenu u hidroekosystemakh (ohliad). *Rybohospodarska nauka Ukrainy*. 2016. No 3 (37). S. 32–46. DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2016.03.032>. [in Ukrainian]
4. Hrokhovska Yu. Ekologichni osnovy zbalansovanoho vykorystannia resursiv vodnykh ekosystem baseynu Prypiati : avtoref. dys. ... d-ra biol. nauk. Kyiv, 2017. 41 s. [in Ukrainian]
5. Dovhyi S., Ivanchenko V., Korzhnev M. Mineralno-syrovynna kompleks ta stalyy rozvytok Ukrainy. Kyiv : Lohos, 2014. 236 s. [in Ukrainian]
6. Dudnyk S., Yevtushenko M., Tsedyk V. Vodna toksykologhiia : metod. posib. Kyiv : Vyd-vo Ukr. fitosotsiol. tsentru, 2014. 108 s. [in Ukrainian]
7. Ekosystema zarehulovanoi vodoimy v umovakh urbonavantazhennia: na prykladi Ternopilskoho vodoshkovyshcha / V. Hrubinko ta in. Ternopil : Vektor, 2013. 201 s. [in Ukrainian]
8. Markiv V. S., Vovchek N. O. Kobalt u vodnykh ekosystemakh: formy znakhodzhennia, biologichne znachennia ta toksychnist dlia ryb. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: Biologhiia*. 2024. T. 84, No 2. DOI: <https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.2.7>. [in Ukrainian]
9. Ostashko V. F. Mikroelementy i makroelementy. Entsyklopediia Suchasnoi Ukrainy. URL: <https://esu.com.ua/article-69329> (data zvernennia: 06.02.2025). [in Ukrainian]
10. Rabcheniuk O. O., Khomenchuk V. O., Kurant V. Z. Ferum u vodnykh ekosystemakh: formy znakhodzhennia, biologichne znachennia ta toksychnist dlia ryb. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: Biologhiia*. 2016. No 3–4. S. 107–119. [in Ukrainian]
11. Khilchevskiy V. Ahrohidrokhimiia : pidruchnyk. Kyiv : DIA, 2021. 176 s. [in Ukrainian]
12. A comprehensive review on metallic trace elements toxicity in fishes and potential remedial measures / S. Naz et al. *Water*. 2023. Vol. 15, No. 16. P. 3017. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15163017>.
13. A comprehensive review on the heavy metal toxicity and sequestration in plants / R. Riyazuddin et al. *Biomolecules*. 2021. Vol. 12, No. 1. P. 43. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom12010043>.
14. Ali B., Gill R. A. Editorial: Heavy metal toxicity in plants: Recent insights on physiological and molecular aspects, volume II. *Frontiers in Plant Science*. 2022. T. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1016257>.
15. An updated review of toxicity effect of the rare earth elements (rees) on aquatic organisms / N. Malhotra et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, No. 9. P. 1663. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10091663>.
16. Assessment of trace and macroelement accumulation in cyprinid juveniles as bioindicators of aquatic pollution: effects of diets and habitat preferences / K. Nyeste et al. *Scientific reports*. 2024. Vol. 14, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61986-4>.
17. Averill B., Eldredge P. General chemistry: Principles, patterns, and applications. Pearson College Div : Saylor Foundation, 2007. 1250 p.
18. Bioaccumulation and Bioremediation of Heavy Metals in Fishes—A Review / F. Jamil Emon ta in. *Toxics*. 2023. T. 11, № 6. P. 510. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics11060510>.
19. Chapin F. S., Matson P. A., Vitousek P. M. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. New York, NY : Springer New York, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9504-9>.
20. Che Abdullah M. I., Md Shah A. S. R., Haris H. Bioaccumulation and Health Risk Assessment of Trace Elements in *Oreochromis niloticus* in Bukit Merah Lake, Malaysia. *Tropical Life Sciences Research*. 2022. T. 33, № 2. P. 179–195. DOI: <https://doi.org/10.21315/tlsr2022.33.2.9>.
21. Distribution, partitioning, bioaccumulation of trace elements in water, sediment and fish from sewage fed fish ponds in eastern Kolkata, India / B. Kumar ta in. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 2010. T. 92, № 2. P. 243–260. DOI: <https://doi.org/10.1080/02772240902942394>.
22. Effects of rare earth elements in the aquatic environment: Implications for ecotoxicological testing / M. Revel ta in. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2024. P. 1–42. DOI: <https://doi.org/10.1080/10643389.2024.2406992>.
23. Facey J. A., Apte S. C., Mitrovic S. M. A Review of the effect of trace metals on freshwater cyanobacterial growth and toxin production. *Toxins*. 2019. T. 11, № 11. P. 643. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11110643>.
24. Hamel M. J., Gerrin W. L. A regional analysis of trace element water chemistry with applications for reconstructing environmental life history of fishes. *River Research and Applications*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/rra.4417>.

25. Rare earth elements – Source and evolution in an aquatic system dominated by mine-Influenced waters / P. Gomes та ін. *Journal of Environmental Management*. 2022. Т. 322. Р. 116125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116125>.
26. Spatial Distribution and Sources of Rare Earth Elements in Urban River Water: The Indicators of Anthropogenic Inputs / X. Gao та ін. *Water*. 2023. Т. 15, № 4. Р. 654. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15040654>.
27. Species-specific bioaccumulation of trace metals among fish species from Xincun Lagoon, South China Sea / W. Feng та ін. *Scientific Reports*. 2020. Т. 10, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77917-y>.
28. Sunda W. G. Feedback Interactions between trace metal nutrients and phytoplankton in the ocean. *Frontiers in Microbiology*. 2012. Vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00204>.
29. Trace metal levels in freshwater fish, sediment and water / Z. Sandor et al. *Environmental Science and Pollution Research*. 2001. Vol. 8, No. 4. P. 265–268. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02987404>.
30. Trace metals and nutrient analysis of marine fish species from the Gwadar coast / M. Khawar та ін. *Scientific Reports*. 2024. Т. 14, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57335-0>.

¹A. Yu. Korniienko, ¹V. V. Hrubinko, ¹H. V. Chvaliuk, ²I. V. Kalinin

¹Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

TRACE AND RARE EARTH ELEMENTS IN WATER AND AQUATIC ORGANISMS OF FRESHWATER ECOSYSTEMS

This review article comprehensively analyzes the role of trace elements and rare earth elements (REEs) in freshwater ecosystems. It covers their sources, biological significance, accumulation patterns, and potential ecological risks by synthesizing existing research on their involvement in biochemical processes, effects on biodiversity, and contributions to ecosystem stability and eutrophication. Trace elements are crucial in aquatic ecosystems, influencing physiological processes such as enzyme activity, photosynthesis, and metabolism in organisms. Their presence is primarily due to natural sources like rock weathering, atmospheric deposition, and biological interactions. However, anthropogenic activities – including industrial discharges, agricultural runoff, and wastewater effluents – significantly alter their concentrations, leading to potential toxicity and ecological imbalances. The review discusses the bioaccumulation of trace elements in aquatic flora and fauna, detailing factors affecting their uptake, storage, and transfer within trophic networks. It also addresses the risks of excessive concentrations, which can cause toxic effects, oxidative stress, and physiological disorders in aquatic organisms. A significant portion of the review focuses on rare earth elements, whose increasing use in modern technologies has raised environmental concerns. Although REEs are typically found in low concentrations in freshwater, their accumulation from industrial sources can pose risks to aquatic life. The article examines their potential roles in biological processes, including interactions with essential nutrients and impacts on cellular metabolism. While some studies suggest beneficial effects at trace levels, higher concentrations have been linked to toxicity, affecting various aquatic trophic levels. The review further explores mechanisms of REE contamination, their mobility in freshwater systems, and long-term ecological consequences. The biogeochemical cycling of both trace and rare earth elements is analyzed, considering factors like pH, redox conditions, and organic matter interactions, which influence their bioavailability, toxicity, distribution, and persistence in aquatic environments. The review emphasizes the importance of monitoring trace and rare earth element concentrations as a key component of freshwater ecosystem management strategies. Given the increasing anthropogenic impact on aquatic environments, understanding the dynamics of these elements is crucial for predicting and mitigating their ecological effects. The findings underscore the need for continuous research on trace and rare earth elements in freshwater ecosystems, particularly regarding their accumulation patterns, interactions with aquatic organisms, and potential long-term consequences. The review concludes by highlighting the necessity of implementing regulatory measures, improving wastewater treatment technologies, and developing environmentally sustainable practices to minimize contamination and preserve ecosystem health.

Key words: trace elements, bioaccumulation, toxicity, eutrophication, rare earth elements, freshwater ecosystems, anthropogenic impact.

Надійшла 13.05.2025.

І. П. СТАШКІВ, М. З. ПРОКОП'ЯК, Н. М. ДРОБИК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

e-mail: stashkiv@chem-bio.com.ua, mosula@chem-bio.com.ua

БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА І ПОШИРЕННЯ *ECHINOPS EXALTATUS* SCHARD. (ASTERACEAE)

Метою цього огляду є аналіз наукових досліджень щодо вивчення різних аспектів виду *Echinops exaltatus* Schard. та систематизація отриманої інформації. Цей вид поширений у Східній і Південно-Східній Європі, в Україні на Прикарпатті, Покутті, Південному Опіллі, а також у Закарпатті. Історія його досліджень охоплює понад два століття. Головатень високий належить до родини Айстрові, є гемікриптофітом, багаторічною трав'янистою рослиною; віддає перевагу помірному клімату; росте на відкритих добре освітлених місцевостях. Багато представників роду *Echinops* L. традиційно використовують для лікування різних хвороб. Вони були об'єктом наукових досліджень щодо вивчення біологічно активних речовин. *E. exaltatus* культивується як декоративна рослина завдяки своїм сріблясто-білим кулястим суцвіттям, які приваблюють бджіл та інших запилювачів. Огляд літературних джерел показав, що на сьогодні є потреба в оновленні та підтвердженні інформації щодо поширення *E. exaltatus*, а також проведенні комплексних досліджень стану його популяцій, оскільки є відом, занесеним до Червоної книги України (2009) та переліку видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ) (2021).

Ключові слова: *Echinops* L., головатень високий, поширення, популяція, біорізноманіття, Червона книга України.

На сьогодні потреба у використанні лікарських рослин значно зросла, що зумовлено як інтересом до лікування з використанням фітопрепаратів, так і прагненням до екологічно чистих альтернатив синтетичним препаратам. У контексті глобальних викликів, зокрема зростаючої антибіотикорезистентності, побічної дії хімічних препаратів і виснаження традиційних ресурсів лікарської рослинної сировини (ЛРС), пошук нових її джерел набуває особливої актуальності. Розширення знань про біологічно активні речовини (БАР), що містяться в рослинах, та їхній терапевтичний потенціал відкриває перспективи для розробки нових фітопрепаратів. Водночас це потребує систематичних досліджень недостатньо вивчених видів, які можуть стати цінним ресурсом для медицини та фармацевтики.

Актуальними у всьому світі є питання використання перспективних лікарських рослин, вивчення їх екологічних параметрів, встановлення хімічного складу, а також збереження їх біорізноманіття. ЛРС з рослин роду *Echinops* L. родини *Asteraceae* в Африці та Азії традиційно використовують як лікарські засоби.

Головатень високий (*Echinops exaltatus* Schrad.) – європейсько-середземноморський вид, представник родини Айстрові (*Asteraceae*) роду *Echinops* (рис. 1). *E. exaltatus* – гемікриптофіт, занесений до Червоної книги України (2009 р.) та переліку видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ) (2021 р.) із природоохоронним статусом «неоцінений» [1, 6]. *E. exaltatus* був вперше описаний Г. А. Шрадером у 1809 р. у праці «Hortus Gottingensis» [11]. Цей вид є найбільшим серед представників роду *Echinops*, висотою до 150 см [16]. У 1811 р. Г. А. Шрадер опублікував детальний опис *E. exaltatus* у другому томі «Hortus Gottingensis» [16]. Згодом, у 1994 році, Джон Т. Картез включив цей вид у «Synonymized Checklist of the Vascular Flora of the United States, Canada, and Greenland» [14]. Дослідження *E. exaltatus* продовжуються, зокрема, у рамках проєкту Flora of Nors Amerуса, де подається детальна інформація про морфологію і поширення цього виду [13]. Таким чином, історія досліджень *E. exaltatus* охоплює понад два століття, починаючи з його першого опису Г. А. Шрадером у 1809 році, і включає численні ботанічні праці та флористичні огляди, які сприяють глибшому розумінню біології цього виду.



Рис. 1. *Echinops exaltatus* Schrad. у природних місцях росту [17].

E. exaltatus є багаторічною трав'янистою рослиною, яка має висоту від 40 до 150 см. Стебла можуть бути простими або сильно розгалуженими, з сніжно-білим повстистим покриттям, особливо у верхній частині, буруватого або блілого кольору [13]. Обгортка при основі оточена щетинками, які поступово переходять у листки, що по краю виїмчаторочкуваті. Листки почергові, базальні та проксимальні стеблові листки мають крилаті черешки. Листкові пластинки пірчасто-розсічені, з колючими сегментами, поверхня зверху темно-зелена, знизу – біло-повстиста [13].

Суцвіття головатня високого складаються з численних кулястих голівок діаметром до 7 см, які утворені з багатьох трубчастих квіток білого або блідо-блакитного кольору [15]. Кожна квітка має п'ять зрощених пелюсток, п'ять тичинок і маточку з нижньою зав'яззю. Період цвітіння – липень-серпень, період плодоношення – вересень-жовтень. Плід – сім'янка циліндричної форми, п'ятигранна, опушена, з коротким папусом у вигляді лусочок [18].

Багато представників роду *Echinops* традиційно використовують для лікування різноманітних хвороб. Деякі з них були предметом наукових досліджень щодо вивчення БАР. Представники роду *Echinops* використовують у лікуванні різноманітних захворювань, таких як запалення, біль і гарячка; при захворюваннях дихальних шляхів, включно з кашлем і болем у горлі; як афродезіак; для полегшення вилучення затриманої плаценти або при пологах, як абортивний засіб; при пухлинах матки та при лейкорей; деякі види застосовують при лікуванні сечокам'яної хвороби [8, 9, 19–22, 24, 25, 27, 29–31, 34].

Представники цього роду містять переважно тіофени та терпени. Деякі автори вказують на наявність флаваноїдів та інших фенольних сполук, алкалоїдів, ліпідів і фенілпропаноїдів. Корінь рослин цього роду є основним джерелом тіофенів, тоді як більшість терпенів і флаваноїдів було виділено з надземних частин. Види роду *Echinops* також відомі вмістом ефірних олій. Екстракти з ЛРС рослин роду *Echinops* проявляють антимікробну, антигрибкову та цитотоксичну дію [10]. *E. exaltatus* мало досліджений стосовно його хімічного складу, а саме вмісту БАР. У 2010 р. Ісмаель Санчес-Хіменес із співавторами провели філогенетичний аналіз роду *Echinops* та встановили, що *E. exaltatus* перебуває в одній кладі з *Echinops bannaticus* Rochel ex Schrad. У *E. bannaticus* виявлено тіофени, а саме 5-(3-бутен-1-ініл)-2,2'-битиєніл (5-(3-buten-1-ynyl)- 2,2'-bithienyl) і α -тертіофеніл (α -terthienyl), а також трикінанові сесквітерпеноїди (triquinane sesquiterpenoids). ЛРС *E. bannaticus* застосовують при лікуванні сечокам'яної хвороби [28]. Ці дослідження дають перспективу для подальшого вивчення хімічного складу та біологічної активності *E. exaltatus*.

Природний ареал поширення *E. exaltatus* охоплює Східну (західні області України, південь Польщі) та Південно-Східну Європу (Болгарія, Албанія, Північно-Східна Італія,

Румунія, Сербія, Словенія, Хорватія, Боснія і Герцеговина) (рис. 2). Вид інтродукований в Бельгії, Чехії, Франції, Великобританії, Нідерландах, Норвегії, Польщі, Швеції, Канаді та США. Натуралізований в Австрії, Німеччині та Данії [12, 16, 23, 32, 33].

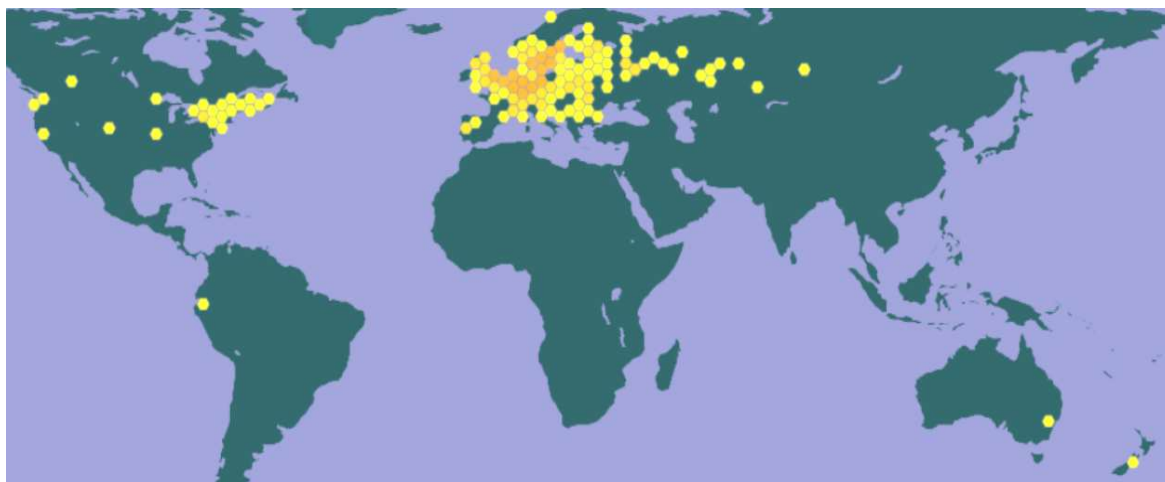


Рис. 2. Поширення *Echinops exaltatus* Schrad. у світі за даними Global Biodiversity Information Facility [11].

В Україні поширений на Прикарпатті, Покутті, Південному Опіллі, а також у Закарпатті (місто (м.) Хуст), Львівщині (м. Дрогобич) й у Чернівецькій області (обл.) (рис. 3) [2–5, 7, 26]. На території Південного Опілля станом на 2015 р. виявлено 12 локалітетів *E. exaltatus*: Івано-Франківська обл., Івано-Франківський район (р-н), південно-східна околиця села (с.) Коростовичі, узлісся, зарості чагарників, перелоги й узбіччя дороги (Н. В. Шумська, І. І. Дмитраш; 27.09.2012); північно-східна околиця с. Медуха, урочище «Сімлин», біля узлісся у нижній частині схилу пагорба (І. І. Дмитраш, Н. В. Шумська; 04.09.2014); північна околиця м. Галич, урочище «Залісця», біля чагарників (І. І. Дмитраш; 14.09.2014); північна околиця с. Тимерівці, урочище «Вербівці» (О. М. Наконечний; 18.07.2005); північно-західна околиця с. Лани, днища карстових лійок (А. М. Заморока, В. Б. Маланюк; 16.08.2015; І. І. Дмитраш; 2015); південна околиця с. Узінь, урочище «Ждимир», карстові лійки й узлісся (Н. В. Шумська, І. І. Дмитраш; 13.07.2012) східна околиця с. Побережжя, узлісся на межі з сінокісною лукою у ландшафтному заказнику загальнодержавного значення «Козакова долина» (І. І. Дмитраш; 10.07.2015); північно-східна околиця с. Підлужжя, ботанічна пам'ятка природи локального значення «Вовчинецькі горби», схил пагорба над р. Ворона, біля чагарників (І. І. Дмитраш; 28.07.2015); східна околиця м. Тисмениця, між чагарниками обабіч польової дороги (І. І. Дмитраш, Н. В. Шумська; 04.07.2015); західна околиця с. Стриганці, урочище «Стінка», узлісся у нижній частині схилу пагорба (І. І. Дмитраш; 03.05.2015); південна околиця с. Олешів, урочище «Гора Хома», узлісся (І. І. Дмитраш; 16.07.2015); Калуський р-н: околиця с. Діброва, узлісся й перелоги (А. М. Заморока; 28.08.2015) (рис. 3) [26].

З Червоної книги України (2009) відомо шість розсіяних локалітетів головатня високого в Івано-Франківській обл.: Коломийський р-н: с. Слободи, с. Вербіж, с. Герасимів; Калуський р-н: с. Новиця; Надвірнянський р-н: с. Ланчин; Чернівецькій обл., Чернівецький р-н: с. Костинців [6] (рис. 3).

Вид також є інтродукований в Кременецькому ботанічному саду (Тернопільська обл., м. Кременець) (рис. 3).

Практично усі відомі популяції *E. exaltatus* є малочисельними, представлені поодинокими особинами; популяційні параметри цього виду не вивчалися. Стан популяцій неподалік м. Хуст. і м. Дрогобич невідомий.

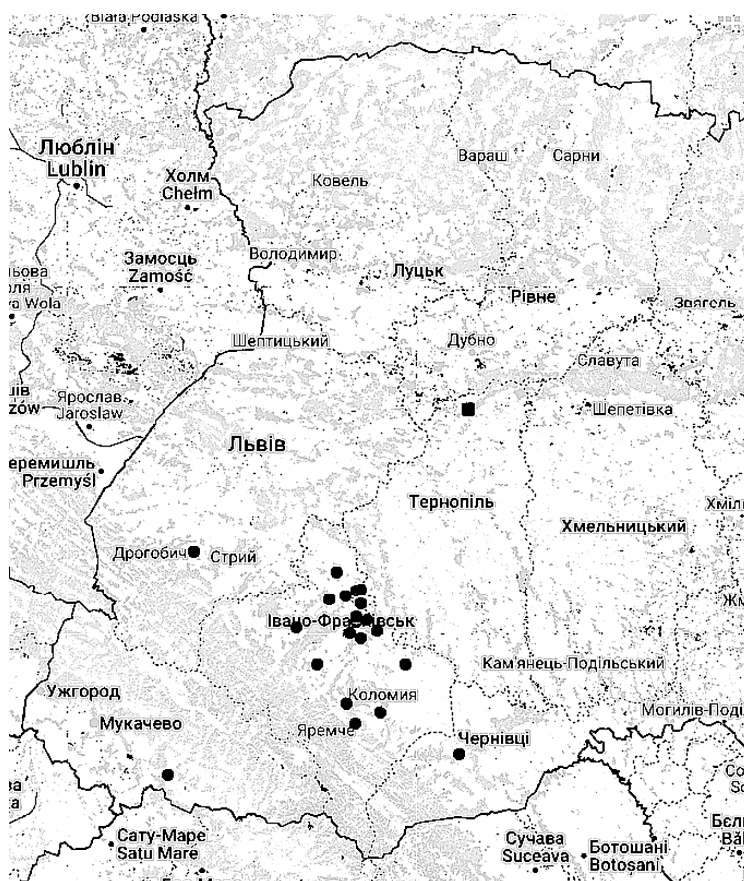


Рис. 3. Поширення *Echinops exaltatus* Schrad. на території України [2–5, 7, 26]: ● – природні місця росту; ■ – місце росту інтродукованої популяції.

E. exaltatus віддає перевагу помірному клімату та зазвичай зустрічається на луках, узліссях і відкритих ділянках верхніх річкових терас та інших відкритих місцевостях з достатнім освітленням. Перебуває у складі вторинних чагарникових заростей, а також біля лісопосадок й пообіч доріг. Рослина не вибаглива щодо вмісту гумусу, росте на кам'янистих і піскуватих ґрунтах. Головатень високий культивується як декоративна рослина завдяки своїм сріблясто-білим кулястим суцвіттям, які приваблюють бджіл та інших запилювачів. Він зацвітає пізно в сезоні (останній місяць літа), що робить його цінною декоративною рослиною [17].

Висновки

Нами проаналізовано біологічну характеристику і поширення виду *E. exaltatus* родини *Asteraceae*. Цей вид на території України росте здебільшого в західних областях. Він занесений до Червоної книги України (2009) та переліку видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ) (2021). Природний ареал поширення знаходиться в Східній та Південно-Східній Європі. Цей вид був інтродукований у багатьох країнах світу. Популяції цього виду в Україні є нечисленними, інколи їх параметри не вивчені, тому вид потребує подальших досліджень для оновлення та підтвердження даних про поширення і вивчення хімічного складу рослин.

1. Про затвердження переліків видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ), та видів рослин та грибів, що виключені з Червоної книги України (рослинний світ): Наказ М-ва зах. довкілля та природ. ресурсів України від 15.02.2021 № 111. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0370-21#Text> (дата звернення: 05.02.2025).
2. Ткачик В. П. Нові знахідки флори Прикарпаття. *Укр. ботан. журн.* 1983. Т. 40, № 3. С. 22–26.

3. Ткачик В. П. Флора Прикарпаття. Львів : НТШ, 2000. 254 с.
4. Токарюк А. І. Поширення раритетних видів судинних рослин у природних районах Буковинського Прикарпаття. *Наук. вісн. Чернівецьк. ун-ту. Сер. Біологія*. 2005. Т. 260. С. 225–240.
5. Токарюк А. І., Чорней І. І. Зміни видового складу раритетних судинних рослин на урбанізованих територіях Буковинського Прикарпаття. *Заповід. справа в Україні*. 2007. Т. 13, № 1–2. С. 12–20.
6. Червона книга України: рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
7. Чорней І. І., Буджак В. В., Токарюк А. І. Сторінками Червоної книги України (рослинний світ). Чернівецька область. Чернівці : ДрукАрт, 2010. 452 с.
8. Abderrahim O., Martin G. J., Abdelaziz A. Botanical identification and ethno-medicinal uses of some underground part of medicinal plants collected and traded in Marrakech region. *J. Med. Plants. Res.* 2013. Vol. 7. P. 2165–2169. DOI: <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1597>.
9. Abouri M. et al. An ethnobotanical survey of medicinal plants used in the Tata Province, Morocco. *Int. J. Med. Plant. Res.* 2012. Vol. 1. P. 99–123.
10. Bitew H., Hymete A. The Genus *Echinops*: Phytochemistry and Biological Activities : A Review. *Front. Pharmacol.* 2019. Vol. 10. P. 1234. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01234>.
11. *Echinops exaltatus* Schrad. Gbif. URL: <https://www.gbif.org/uk/species/5392683> (дата звернення: 20.01.2025).
12. *Echinops exaltatus* Schrad. Royal Dotanic Gardens KEW. Plants of the World Online. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn%3Aalsid%3Aipni.org%3AAnames%3A202484-1?> (дата звернення: 21.01.2025).
13. *Echinops exaltatus* Schrader. Flora of North America. URL: https://floranorthamerica.org/Echinops_exaltatus (дата звернення: 21.01.2025).
14. *Echinops exaltatus*. Nature Serve EXPLORER. URL: https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT_GLOBAL.2.156540/Echinops_exaltatus? (дата звернення: 21.01.2025).
15. *Echinops exaltatus*. RHS. URL: <https://www.rhs.org.uk/plants/6279/echinops-exaltatus/details> (дата звернення: 21.01.2025).
16. *Echinops exaltatus*. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Echinops_exaltatus? (дата звернення: 21.01.2025).
17. *Echinops*. DIG DELVE. URL: <https://digdelve.com/echinops/?> (дата звернення: 20.01.2025).
18. *Echinops*. Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Echinops?> (дата звернення: 21.01.2025).
19. Ghasemi Pirbalouti A., Momeni M., Bahmani M. Ethnobotanical study of medicinal plants used by Kurd tribe in Dehloran and Abdanan districts, Ilam province, Iran. *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med.* 2013. Vol. 10. P. 368–385. DOI: <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v10i2.24>.
20. Hamayun M. et al. Studies on traditional knowledge of medicinal herbs of swat kohistan, District Swat, Pakistan. *J. Herbs. Spices. Med. Plants.* 2006. Vol. 12. P. 11–28. DOI: https://doi.org/10.1300/J044v12n04_02.
21. Kumar H., Khajuria A. K., Bisht N. S. Traditional phyto remedies used to treatment urolithiasis in Pauri (Garhwal) Uttarakhand India. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 2018. Vol. 7. P. 2941–2944.
22. Mustafa B. et al. Medical ethnobotany of the albanian alps in Kosovo. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 2012. Vol. 8. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-8-6>.
23. National Plant GS. URL: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomydetail?id=407449> (дата звернення: 23.01.2025).
24. Nawash O. et al. Ethnobotanical study of medicinal plants commonly used by local bedouins in the badia region of Jordan. *J. Ethnopharmacol.* 2013. Vol. 148. P. 921–925. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.05.044>.
25. Okello J., Ssegawa P. Medicinal plants used by communities of Ngai Subcounty, Apac District, northern Uganda. *Afr. J. Ecol.* 2007. Vol. 45. P. 76–83.
26. Parpan V. I., Dmytrash-Vatseba I. I. Distribution and population state of *Echinops exaltatus* (Asteraceae) in Southern Opillya. *Ukr. Botan. Journ.* 2016. Vol. 73, No. 5. P. 483–491. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj73.05.483/>.
27. Qureshi R., Bhatti G. R. Ethnobotany of plants used by the Thari people of Nara Desert, Pakistan. *Fitoterapia*. 2008. Vol. 79. P. 468–473. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2008.03.010>.
28. Radulović N. S., Denić M. S. Essential oils from the roots of *Echinops bannaticus* Rochel ex Schrad. and *Echinops sphaerocephalus* L. (Asteraceae): chemotaxonomic and biosynthetic aspects. *Chem. Biodivers.* 2013. Vol. 10. P. 658–676. DOI: <https://doi.org/10.1002/cbdv.201200330>.
29. Rathore S., Tiwari J. K., Malik Z. A. Ethnomedicinal survey of herbaceous flora traditionally used in health care practices by inhabitants of dhundsir gad watershed of garhwal himalaya, India. *Global. J. Res. Med. Plants. Indigen. Med.* 2015. Vol. 4. P. 65–78.

30. Regassa R. Assessment of indigenous knowledge of medicinal plant practice and mode of service delivery in Hawassa city, southern Ethiopia. *J. Med. Plants*. 2013. Vol. 7. P. 517–535.
31. Sajjad A. et al. Ethnobotanical study of traditional native plants in Al Ain UAE. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 2017. Vol. 4. P. 165–174. DOI: <https://doi.org/10.22192/ijarbs.2017.04.02.020>.
32. Scoggan H. J. Dicotyledoneae (Loasaceae to Compositae). In: *Flora of Canada*. Pt. 4. Ottawa : Natl. Museum of Natural Sci., 1979. 594 pp.
33. USDA, Natural Resources Conservation Service. URL: <https://plants.usda.gov/plant-profile/ECEX> (дата звернення: 23.01.2025).
34. Wagh V. V., Jain A. K. Status of ethnobotanical invasive plants in western Madhya Pradesh, India. *S. Afr. J. Bot.* 2018. Vol. 114. P. 171–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.11.008>.

References

1. Pro zatverdzhennia perelikiv vydiv roslyn ta hrybiv, shcho zanosiasia do Chervonoï knyhy Ukrainy (roslynnyi svit), ta vydiv roslyn ta hrybiv, shcho vykliucheni z Chervonoï knyhy Ukrainy (roslynnyi svit) : Nakaz M-va zakh. dovkillia ta pryrod. resursiv Ukrainy vid 15.02.2021. No. 111. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0370-21#Text> (дата звернення: 05.02.2025). [in Ukrainian]
2. Tkachyk V. P. Novi znakhidky flory Prykarpattia. *Ukr. Bot. J.* 1983. Vol. 40 (3). P. 22–26. [in Ukrainian]
3. Tkachyk V. P. Flora Prykarpattia (Prycarpathians flora). Lviv : NTSh, 2000. 254 pp. [in Ukrainian]
4. Tokariuk A. I. Poshyrennia rarytetnykh vydiv sudynnykh roslyn u pryrodnykh rayonakh Bukovynskoho Prykarpattia. *Nauk. visnyk Chernivetskoho un-tu. Biologhia*. 2005. Vol. 260. P. 225–240. [in Ukrainian]
5. Tokariuk A. I., Chornei I. I. Zminy vydovoho skladu rarytetnykh sudynnykh roslyn na urbanizovanykh terytoriakh Bukovynskoho Prykarpattia. *Zapovidna sprava v Ukraini*. 2007. Vol. 13 (1–2). P. 12–20. [in Ukrainian]
6. Chervona knyha Ukrainy: roslynnyi svit / za red. Ya. P. Didukha. Kyiv : Hlobalkonsaltnykh, 2009. 900 s. [in Ukrainian]
7. Chornei I. I., Budzhak V. V., Tokariuk A. I. Storinkamy Chervonoï knyhy Ukrainy (roslynnyi svit). Chernivtsi : DrukArt, 2010. 452 pp. [in Ukrainian]
8. Abderrahim O., Martin G. J., Abdelaziz A. Botanical identification and ethno-medicinal uses of some underground part of medicinal plants collected and traded in Marrakech region. *J. Med. Plants. Res.* 2013. Vol. 7. P. 2165–2169. DOI: <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1597>.
9. Abouri M. et al. An ethnobotanical survey of medicinal plants used in the Tata Province, Morocco. *Int. J. Med. Plant. Res.* 2012. Vol. 1. P. 99–123.
10. Bitew H., Hymete A. The Genus *Echinops*: Phytochemistry and Biological Activities : A Review. *Front. Pharmacol.* 2019. Vol. 10. P. 1234. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01234>.
11. *Echinops exaltatus* Schrad. Gbif. URL: <https://www.gbif.org/uk/species/5392683> (дата звернення: 20.01.2025).
12. *Echinops exaltatus* Schrad. Royal Dotanic Gardens KEW. Plants of the World Online. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn%3Aalsid%3Aipni.org%3Anames%3A202484-1?> (дата звернення: 21.01.2025).
13. *Echinops exaltatus* Schrader. Flora of North America. URL: https://floranorthamerica.org/Echinops_exaltatus (дата звернення: 21.01.2025).
14. *Echinops exaltatus*. Nature Serve EXPLORER. URL: https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT_GLOBAL.2.156540/Echinops_exaltatus? (дата звернення: 21.01.2025).
15. *Echinops exaltatus*. RHS. URL: <https://www.rhs.org.uk/plants/6279/echinops-exaltatus/details> (дата звернення: 21.01.2025).
16. *Echinops exaltatus*. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Echinops_exaltatus? (дата звернення: 21.01.2025).
17. *Echinops*. DIG DELVE. URL: <https://digdelve.com/echinops/?> (дата звернення: 20.01.2025).
18. *Echinops*. Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Echinops?> (дата звернення: 21.01.2025).
19. Ghasemi Pirbalouti A., Momeni M., Bahmani M. Ethnobotanical study of medicinal plants used by Kurd tribe in Dehloran and Abdan districts, Ilam province, Iran. *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med.* 2013. Vol. 10. P. 368–385. DOI: <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v10i2.24>.
20. Hamayun M. et al. Studies on traditional knowledge of medicinal herbs of swat kohistan, District Swat, Pakistan. *J. Herbs. Spices. Med. Plants*. 2006. Vol. 12. P. 11–28. DOI: https://doi.org/10.1300/J044v12n04_02.
21. Kumar H., Khajuria A. K., Bisht N. S. Traditional phyto remedies used to treatment urolithiasis in Pauri (Garhwal) Uttarakhand India. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 2018. Vol. 7. P. 2941–2944.

22. Mustafa B. et al. Medical ethnobotany of the albanian alps in Kosovo. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 2012. Vol. 8. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-8-6>.
23. National Plant GS. URL: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomydetail?id=407449> (дата звернення: 23.01.2025).
24. Nawash O. et al. Ethnobotanical study of medicinal plants commonly used by local bedouins in the badia region of Jordan. *J. Ethnopharmacol.* 2013. Vol. 148. P. 921–925. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.05.044>.
25. Okello J., Ssegawa P. Medicinal plants used by communities of Ngai Subcounty, Apac District, northern Uganda. *Afr. J. Ecol.* 2007. Vol. 45. P. 76–83.
26. Parpan V. I., Dmytrash-Vatseba I. I. Distribution and population state of *Echinops exaltatus* (Asteraceae) in Southern Opillya. *Ukr. Botan. Journ.* 2016. Vol. 73, No. 5. P. 483–491. DOI: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj73.05.483/>.
27. Qureshi R., Bhatti G. R. Ethnobotany of plants used by the Thari people of Nara Desert, Pakistan. *Fitoterapia.* 2008. Vol. 79. P. 468–473. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2008.03.010>.
28. Radulović N. S., Denić M. S. Essential oils from the roots of *Echinops bannaticus* Rochel ex Schrad. and *Echinops sphaerocephalus* L. (Asteraceae): chemotaxonomic and biosynthetic aspects. *Chem. Biodivers.* 2013. Vol. 10. P. 658–676. DOI: <https://doi.org/10.1002/cbdv.201200330>.
29. Rathore S., Tiwari J. K., Malik Z. A. Ethnomedicinal survey of herbaceous flora traditionally used in health care practices by inhabitants of dhundsir gad watershed of garhwal himalaya, India. *Global. J. Res. Med. Plants. Indigen. Med.* 2015. Vol. 4. P. 65–78.
30. Regassa R. Assessment of indigenous knowledge of medicinal plant practice and mode of service delivery in Hawassa city, southern Ethiopia. *J. Med. Plants.* 2013. Vol. 7. P. 517–535.
31. Sajjad A. et al. Ethnobotanical study of traditional native plants in Al Ain UAE. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 2017. Vol. 4. P. 165–174. DOI: <https://doi.org/10.22192/ijarbs.2017.04.02.020>.
32. Scoggan H. J. Dicotyledoneae (Loasaceae to Compositae). In: *Flora of Canada*. Pt. 4. Ottawa : Natl. Museum of Natural Sci., 1979. 594 pp.
33. USDA, Natural Resources Conservation Service. URL: <https://plants.usda.gov/plant-profile/ECEX> (дата звернення: 23.01.2025).
34. Wagh V. V., Jain A. K. Status of ethnobotanical invasive plants in western Madhya Pradesh, India. *S. Afr. J. Bot.* 2018. Vol. 114. P. 171–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.11.008>.

I. P. Stashkiv, M. Z. Prokopiak, N. M. Drobyk

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND DISTRIBUTION OF *ECHINOPS EXALTATUS* SCHARD. (ASTERACEAE)

This review analyzes and systematizes scientific studies on *Echinops exaltatus* Schard., commonly known as tall globe thistle. This perennial herbaceous plant, a hemicryptophyte belonging to the Asteraceae family, is found in Eastern and Southeastern Europe, including Prykarpattia, Pokuttia, Southern Opillya, and Transcarpathia in Ukraine. Its study history spans over two centuries. *E. exaltatus* thrives in temperate climates, preferring well-lit environments such as meadows, forest edges, upper river terraces, secondary shrub thickets, forest plantations, and roadsides. It adapts well to various soil types, including rocky and sandy soils, and is not particularly demanding regarding humus content. Notably, *E. exaltatus* is the largest species within the genus *Echinops* L. Many *Echinops* species have a history of traditional medicinal use for various ailments. They have been applied to treat inflammation, pain, fever, and respiratory conditions like coughs and sore throats. Some species are also traditionally used as aphrodisiacs, to assist in expelling retained placentas, as abortifacients, for uterine tumors and leucorrhea, and in the treatment of urolithiasis. The genus *Echinops* is primarily known for containing thiophenes and terpenes. Some researchers also report the presence of flavonoids, other phenolic compounds, alkaloids, lipids, and phenylpropanoids. Despite its relatives' established medicinal uses, *E. exaltatus* itself remains poorly studied in terms of its chemical composition, particularly its content of biologically active substances.

Beyond its potential medicinal properties, *E. exaltatus* is cultivated as an ornamental plant due to its silvery-white globular inflorescences, which effectively attract bees and other pollinators. However, most known populations of *E. exaltatus* are small and fragmented, often represented by isolated individuals. Crucially, the population parameters of this species have not been thoroughly

studied. A review of existing literature indicates a pressing need to update and verify its distribution data and to conduct further research. This urgency stems from its listing in the Red Data Book of Ukraine (2009) and its inclusion in the 2021 list of plant and fungal species proposed for the Red Data Book of Ukraine (Flora). Further research into *E. exaltatus*'s chemical composition, population dynamics, and precise distribution is vital for its conservation and potential future applications.

Key words: Echinops L., distribution, population, tall globe thistle, biodiversity, Red Data Book of Ukraine.

Надійшла 14.05.2025.

ПОВІДОМЛЕННЯ, РЕЦЕНЗІЇ, ХРОНІКА

УДК 579:005.745](477)»2025»

doi: 10.25128/2078-2357.25.1–2.12

¹М. Я. СПІВАК, ²С. В. ПИДА, ²О. Б. МАЦІЮК

¹Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ, 03143

²Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: pyda@tnpu.edu.ua

XVI З'ЇЗД ТОВАРИСТВА МІКРОБІОЛОГІВ УКРАЇНИ ІМЕНІ СЕРГІЯ ВІНОГРАДСЬКОГО, 2–6 ЧЕРВНЯ 2025 Р., М. ТЕРНОПІЛЬ

У статті підведено підсумки XVI з'їзду Товариства мікробіологів України імені Сергія Виноградського (ТМУ). Захід відбувався з 2 до 6 червня 2025 р. у м. Тернополі на базі Тернопільського національного медичного університету ім. І. Я. Горбачевського. Робота з'їзду була організована за такими напрямками: екологія мікроорганізмів і біорізноманітність; мікробні біотехнології, нанобіотехнології, біоремедіація; медична, ветеринарна мікробіологія і імунологія; фізіологія, біохімія, генетика і молекулярна біологія мікроорганізмів; вірусологія. У роботі взяли участь близько 120 науковців із 16 регіональних відділень в очному та онлайн форматі, надруковано збірник тез. Під час заходу було заслухано та обговорено 25 пленарних, 61 секційну та 17 стендових доповідей учених з різних наукових установ та навчальних закладів України та зарубіжжя. Прийняли резолюцію та обрали нового президента товариства, яким став академік НАН України Микола Співак.

Ключові слова: з'їзд Товариства мікробіологів України імені Сергія Виноградського, тези, ТНМУ імені І. Я. Горбачевського.

2–6 червня 2025 року на базі Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського відбувся XVI з'їзд Товариства мікробіологів України ім. Сергія Виноградського (ТМУ). Організаторами XVI з'їзду стали Національна академія наук України, Міністерство освіти і науки України, Товариство мікробіологів України ім. С. М. Виноградського, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, Тернопільський національний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського (ТНМУ), Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка (ТНПУ). Голова організаційного комітету – Підгорський В. С., співголови – Андрейчин М. А., Корда М. М., Пида С. В., Співак М. Я., секретарі – Булигіна Т. В., Данкевич Л. А., бухгалтер–Броварська О. С.

Урочисте відкриття XVI з'їзду Товариства мікробіологів України імені Сергія Виноградського відбулося 3 червня в актовій залі ТНМУ імені І. Я. Горбачевського, розпочалося з хвилини мовчання на знак вшанування Героїв, що загинули у російсько-українській війні. Після спільного виконання Державного гімну України з вітальними словами до учасників з'їзду звернулися Президент Товариства мікробіологів України імені Сергія Виноградського, академік Національної академії наук України, доктор біологічних наук, професор **Валентин Підгорський** та ректор ТНМУ – доктор медичних наук, професор, член-

кореспондент НАМН України, заслужений діяч науки і техніки України **Михайло Корда**. Ректор ТНМУ зачитав інформацію про наукові здобутки та вручив диплом і мантію почесного професора Тернопільського національного медичного університету академіку НАН України, директору Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного, доктору біологічних наук, професору, лауреату Державної премії України в галузі науки і техніки Миколі Співаку.

Після урочистого відкриття XVI з'їзду Валентин Підгорський представив звіт про діяльність Товариства мікробіологів України та наукові здобутки його членів, зокрема зацентрував увагу на публікаційній активності, – за останні п'ять років опубліковано майже 3000 наукових статей, з яких 1000 індексуються в Scopus та Web of Science. Члени ТМУ є авторами 47 монографій, 9 з яких видано за кордоном, 15 розділів в іноземних монографіях, 18 підручників, 70 посібників і понад 50 рекомендацій. Учені отримали 120 патентів, 7 з яких міжнародні.

За активну участь в організації XVI з'їзду Президент Товариства мікробіологів України Валентин Підгорський вручив подяки колективу Тернопільського обласного відділення ТМУ, голові відділення, завідувачці кафедри ботаніки та зоології ТНПУ, докторці сільськогосподарських наук, професорці **Світлані Пиді**, колективу Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (рис. 1). Грамоти і подяки також отримали ректор ТНМУ **Михайло Корда**, академік НАН України, завідувач кафедри інфекційних хвороб з епідеміологією, шкірними та венеричними хворобами ТНМУ, професор **Михайло Андрейчин**, завідувач кафедри мікробіології, вірусології та імунології ТНМУ, професор **Сергій Климнюк**.



Рис. 1. Подяки вручені за активну участь в організації XVI з'їзду Товариства мікробіологів України імені Сергія Виноградського.

Присутні заслухали звіт голови ревізійної комісії ТМУ професора **Лілії Авдєєвої**. Опісля прийняли резолюцію та обрали нового президента товариства, яким став академік НАН України **Микола Співак**, а також керівні органи ТМУ. Академік Микола Співак запропонував присвоїти Валентину Степановичу Підгорському звання почесного президента ТМУ за його багаторічний внесок у розвиток товариства. Пропозиція була одноголосно підтримана.

У роботі XVI з'їзду Товариства мікробіологів України ім. Сергія Виноградського взяли участь близько 120 науковців із 16 регіональних відділень в очному та онлайн форматі.

Наукова частина пленарної сесії XVI з'їзду розпочалася доповіддю **Валерія Мухіна**, директора Інституту мікробіології та імунології ім. І. І. Мечникова НАМН України (м. Харків) «Сучасні досягнення ДУ «Інституту мікробіології та імунології ім. І. І. Мечникова НАМН України» та перспективи розвитку на 2025–2030 роки». Далі з пленарною доповіддю «Розвиток мікробіологічних досліджень у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка» виступила **Світлана Пида**, завідувачка кафедри ботаніки та зоології ТНПУ. **Олена Громозова** презентувала результати наукових досліджень стосовно впливу неіонізуючого електромагнітного випромінювання на мікроорганізми (Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України), **Володимир Патика** представив дослідження «Бобово-ризобіальні системи у сучасному землеробстві (Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України)», **Лариса Сківка** ознайомила присутніх з результатами досліджень стосовно реакції фагоцитів на бактеріофагальну дволанцюгову РНК *in vitro* особливостей, залежних від статі і віку (ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка), **Michael L. Chikindas** – з дослідженням «Postbiotics: Life after death» (Rutgers University, New Jersey, USA), **Світлана Гнатуш** – «Metal-resistant microorganisms as a key to soil recovery after explosions» (Львівський національний університет імені Івана Франка), **Марина Фоміна** охарактеризувала розвиток і біогеохімічну активність мікробіому темно-плямистих пошкоджень фресок у Соборі Святої Софії Національного заповідника «Софія Київська» (Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України), **Олексій Шевченко** зацентрував увагу на причинах появи та поширення емерджентних вірусних інфекцій рослин в Україні (ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка).

4 червня в першій половині дня було продовжено пленарне засідання XVI з'їзду ТМУ. В онлайн режимі **Reva Oleg** представив доповідь на тему «New long-read sequencing technologies reveal insights into interactions and adaptability of microbial communities» (University of Pretoria, South Africa). Доповідь **Андрія Сибірного** була присвячена конструюванню ефективних продуцентів етанолу з цукрів лігнінцелюлози у дріжджів *Ogataea polymorpha* (Інститут біології клітини НАН України). **Світлана Загородня** привернула увагу наукової спільноти до проблеми сучасних стратегій противірусного захисту (Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України), **Марина Кривцова** познайомила учасників з'їзду з мікробіотою ротової порожнини при запальних захворюваннях пародонту та перспективами її корекції з використанням речовин рослинного походження (ДВНЗ «Ужгородський національний університет»), **Зеновій Ткачук** представив доповідь на тему «Конформаційна концепція створення нових противірусних препаратів» (Інститут молекулярної біології і генетики НАН України), **Інна Гармашева** – доповідь «Функціональні властивості молочнокислих бактерій» (Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України), **Олександр Громико** – «Колекція культур мікроорганізмів – продуцентів антибіотиків Львівського національного університету імені Івана Франка. 30 років поступу» (Львівський національний університет імені Івана Франка), **Олександр Камишний** – «Антивірусні препарати широкого спектру дії (Broad-spectrum antiviral drugs) (Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського).

Пленарні доповіді були представлені також у першій половині дня 5 червня. Тема доповіді **Надії Бойко** – «Мікробіом українців в когортних дослідженнях: важливість, перші результати і перспективи впровадження в П4 медичну практику» (Ужгородський національний університет), **Дарії Федорович** – «Шавловський Георгій Михайлович – видатний український науковець, педагог громадський діяч» (Інститут біології клітини НАН України), **Юрія Рудя** – «Віруси в аквакультури: причини, наслідки та шляхи протидії» (Інститут рибного господарства НААН), **Юрія Ребця** – «Від гену до сполуки – геномні підходи для пошуку нових антибіотиків» (ТОВ Експлоджен, Львів).

Людмила Данкевич ознайомила учасників XVI з'їзду ТМУ із змінами екологічної пластичності *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* за впливу воєнних дій в Україні (Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України), **Надія Жолобак** представила

дослідження «Current challenges in interferonogenesis and the regulatory role of non-coding RNAs: a contemporary perspective» (Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України), **Лідія Міщенко** презентувала наукові результати стосовно використання ПЛР-маркерів у скринінгових дослідженнях рослин сої на наявність гену стійкості до вірусу мозаїки сої (ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського Національного університету імені Тараса Шевченка), а **Тетяна Пирог** – «Integrated technology for the synthesis of phytohormones and surfactants of *Nocardia vaccine* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Rhodococcus erythropolis* AC-5017» (Національний університет харчових технологій, Київ, Україна; Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України).

Упродовж роботи з'їзду працювала постерна сесія. Після пленарних сесій паралельно засідали 5 секцій. Їх робота відбувалася за такими напрямками: екологія мікроорганізмів і біорізноманітність; мікробні біотехнології, нанобіотехнології, біоремедіація; медична, ветеринарна мікробіологія і імунологія; фізіологія, біохімія, генетика і молекулярна біологія мікроорганізмів; вірусологія. На з'їзді було заслухано та обговорено 25 пленарних, 61 секційну та 17 стендових доповідей з різних наукових установ та навчальних закладів України та зарубіжжя.

Колектив Тернопільського обласного відділення ТМУ представив результати досліджень у двох пленарних (С. Пида, О. Камишний), двох секційних (В. Козак, Н. Кравець) і стендовій (І. Чернік) доповідях. Члени товариства кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка взяли активну участь у роботі XVI з'їзду ТМУ. Було заявлено три доповіді (пленарна: Світлана Пида «Розвиток мікробіологічних досліджень у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка»; секційна: Вікторія Козак «Симбіотична активність сочевиці харчової (*Lens culinaris* Medic) за впливу мікробних препаратів та фунгіцидів»; стендова: Ігор Чернік «Формування та функціонування симбіотичних систем *Cicer arietinum* L. за впливу мікробних препаратів»).

Обговорення на з'їзді досягнень в різних галузях мікробіології дозволило поділитися знаннями, підняти актуальні проблеми сьогодення, намітити перспективи подальшого розвитку мікробіологічних досліджень, налагодити співробітництво між установами (рис. 2).

За результатами роботи XVI з'їзду Товариства мікробіологів України імені Сергія Виноградського надруковано збірник матеріалів, у який увійшли тези 350 авторських колективів як вітчизняних, так і закордонних дослідників.



Рис. 2. Учасники XVI з'їзду Товариства мікробіологів України ім. Сергія Виноградського (5.06.2025).

Для учасників заходу було організовано екскурсії історичною частиною міста Тернополя, у анатомічний та патанатомічний музеї, науково-дослідні лабораторії, Центр стимуляційного навчання Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського, Марійський духовний центр Зарваниця.

Сподіваємося, що у наступному з'їзді Товариства мікробіологів України імені Сергія Виноградського візьме участь ще більше науковців уже в мирній Україні.

¹*M. Ya. Spivak*, ²*S. V. Pyda*, ²*O. B. Matsiuk*

¹D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

²Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

XVI CONGRESS OF THE S.M. VYNOGRADKY SOCIETY OF MICROBIOLOGISTS OF UKRAINE (SMU) i, JUNE 2-6, 2025, TERNOPIL, UKRAINE

This article summarizes the XVI Congress of the Serhiy Vynogradsky Society of Microbiologists of Ukraine (SMU). The event took place from June 2 to June 6, 2025, in Ternopil, hosted by the I. Ya. Horbachevsky Ternopil National Medical University.

The congress was structured around several key themes: microorganism ecology and biodiversity, microbial biotechnologies, nanobiotechnologies, and bioremediation, medical and veterinary microbiology and immunology, physiology, biochemistry, genetics, and molecular biology of microorganisms, virology.

Approximately 120 scientists participated, representing 16 regional branches, both in-person and online. A collection of abstracts was published. During the event, attendees heard and discussed 25 plenary lectures, 61 sectional presentations, and 17 presentations from various scientific institutions and educational establishments across Ukraine and internationally.

A resolution was adopted, and Academician Mykola Spivak of the National Academy of Sciences of Ukraine was elected as the new president of the society.

Key words: Congress of the Serhiy Vynogradsky Society of Microbiologists of Ukraine, abstracts, TNMU.

Надійшла 09.06.2025.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Збірник "Наукові записки ... Серія: Біологія", що видається в Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка, затверджений постановою президії ВАК України від 10.03.10, протокол № 1-05/2. У березні 2016 р. пройшов переатестацію на новий п'ятирічний період (наказ МОН України № 241 від 09.03.2016 р., позиція № 82). Збірник включено до Переліку фахових видань України (категорія "Б", наказ МОН України від 2.07.2020 року № 886).

У збірнику статті публікуються за такими розділами:

Ботаніка
Зоологія
Біотехнологія
Біохімія
Генетика
Гідробіологія
Екологія
Іхтіологія
Молекулярна біологія
Фізіологія людини та тварин
Фізіологія рослин
Цитологія, клітинна біологія, гістологія
Огляди
Історія науки. Персоналії
Повідомлення, рецензії, хроніка

Статті в збірнику друкуються українською або англійською мовами.

Статтю можна подати двома шляхами:

1. Безпосередньо на сайті збірника <http://journals.chem-bio.com.ua>
2. Надіслати у редакцію збірника на електронну адресу journal@chem-bio.com.ua

До статті **обов'язково** додається **авторська довідка на кожного автора статті**, в якій вказується:

- 1) прізвище, ім'я, по-батькові автора (авторів);
- 2) науковий ступінь авторів, вчене звання, посада;
- 3) профіль кожного автора в ORCID;
- 4) адреса;
- 5) телефони (мобільний і службовий);
- 6) електронна пошта;
- 7) назва розділу, яка відповідає тематиці статті.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

У випадку подання неодноосібної статті, обов'язково зазначити контактні дані одного з авторів, з яким редакція буде вести листування.

Редакційна колегія збірника просить авторів дотримуватись єдиних правил при оформленні та поданні матеріалів до друку:

1. У редакцію збірника на електронну адресу journal@chem-bio.com.ua **необхідно надіслати:**

- статтю (текст статті з розміщеними у ньому рисунками і таблицями) у вигляді файлу, оформленого у текстовому редакторі у форматі **doc** або **docx**. Як назву файлу просимо використовувати прізвище першого автора латинськими літерами. Наприклад, Hertz.doc (перший автор Hertz);
- макет статті з вставленими малюнками і таблицями у **pdf**-форматі. Як назву файлу просимо використовувати прізвище першого автора латинськими літерами. Наприклад, Hertz.pdf;
- рисунки окремими файлами у кольоровому (для online версії) і чорно-білому (для друкованої версії) форматі **jpg**. Як назву файлу просимо використовувати прізвище першого автора латинськими літерами. Наприклад, Hertz_fig1.jpg (перший автор Hertz, рисунок 1).

2. Об'єм статті не повинен бути меншим, ніж 5, і не більшим, ніж 12 сторінок машинопису.

3. Статті, оформлені не за правилами, редакцією не приймаються.

4. Статті редагуються і рецензуються двома незалежними рецензентами – провідними фахівцями з відповідних галузей біологічної науки.

ЗАГАЛЬНИЙ ПОРЯДОК РОЗМІЩЕННЯ МАТЕРІАЛУ

УДК

ІНІЦІАЛИ, ПРІЗВИЩЕ АВТОРА (АВТОРІВ)

Назва установи

Адреса установи, e-mail

НАЗВА СТАТТІ

Резюме українською

Ключові слова (не більше 10-ти)

Власне текст

(Для статей експериментального характеру передбачаються такі розділи: Вступ. Матеріали та методи досліджень. Результати досліджень та їх обговорення. Висновки.)

Список літератури

Розширене резюме (2500–3000 знаків) англійською мовою. Резюме повинно включати прізвище автора (авторів), назву установи, назву статті, текст резюме та ключові слова.

ОФОРМЛЕННЯ ТЕКСТУ

Текст друкується через 1,5 інтервал без переносів, розмір шрифту 14 у Times New Roman в редакторі MS Word. Відступ абзацу – 1,25 см. Поля: зліва 2,5 см, зверху і знизу – 2,0 см, зліва – 1,5. Всі особливі знаки, а також літери грецького та інших алфавітів, необхідно чітко віддрукувати відповідним знаком на комп'ютері.

Рисунки і текстові таблиці слід нумерувати арабськими цифрами. У порядку першої згадки писати скорочено: рис. 1, табл. 1 і т.д. Якщо рисунок один чи таблиця одна, то у тексті пишеться (таблиця), (рисунок).

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Латинські назви таксономічних одиниць наводяться за найновішими джерелами (це не стосується розуміння меж таксонів). Повні латинські назви видів та прізвища авторів треба називати лише один раз при першій згадці, далі за текстом подається скорочений варіант, наприклад:

Типовим видом для цього угруповання є *Fragaria vesca* L. *F. vesca* може траплятись... і т.д.

ОФОРМЛЕННЯ СПИСКУ ЛІТЕРАТУРИ

Посилання на літературу в тексті беруть в квадратні дужки. *Наприклад*, [1]. Перелік літератури (References) складається **в порядку цитування** англійською мовою. Список використаних джерел оформлюють за ДСТУ 8302:2015 та відповідно до наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. Для посилань на україномовні джерела прізвища авторів та назви публікації подавати за англomовним варіантом резюме або змісту вихідного видання. У випадку відсутності англomовних бібліографічних даних, прізвища авторів та назву видання подавати транслітерованими в романський алфавіт (латиницею) за Стандартом Бібліотеки Конгресу США, а назву роботи подавати в перекладі англійською. Для транслітерації можна скористатися Інтернет-сервісом за посиланням <http://utgis.org.ua/translit>. Також у випадку посилань на україномовні джерела після посилання романським алфавітом вказати в квадратних дужках мову оригіналу (наприклад [in Ukrainian]) та через косу риску подати додатково посилання мовою оригіналу. Для публікацій, що мають **цифровий ідентифікатор DOI**, потрібно його вказати в кінці посилання. *У зв'язку з російською агресією редколегія збірника просить не використовувати посилання на російськомовні джерела.*

ОФОРМЛЕННЯ ІЛЮСТРАЦІЙ

Рисунки в чорно-білому зображенні (режим градацій сірого Grayscale) подають у тексті статті, а також окремими файлами у форматі **jpg** з роздільною здатністю 200–400 dpi. Крім того, автори за бажанням можуть також подати файли з кольоровими зображеннями для публікації в електронній версії збірника. Шрифт для підпису рисунків Times New Roman, 12 pt. Підписи до рисунків **не включати** у рисунок. Ширина рисунка повинна бути до 80 мм (одна колонка тексту) або до 180 мм (дві колонки тексту); висота з врахуванням тексту підпису – не більше 234 мм.

З метою належної реалізації норм Законів України «Про освіту» та «Про вищу освіту», що стосуються дотримання основних принципів академічної доброчесності, усі надіслані матеріали перевірятимуться на наявність текстових запозичень з використанням програмного забезпечення StrikePlagiarism відповідно до Рекомендацій щодо запобігання академічному плагіату та його виявлення в наукових роботах (<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v8681729-18#Text>).

Після процедури рецензування та розгляду на засідання редакційної колегії авторам статей буде повідомлено на електронну адресу про прийняття чи відхилення публікації.

Адреса редакційної колегії збірника:

Відповідальний секретар
редакційної колегії збірника
"Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія"
Голіней Галина Михайлівна
Кафедра ботаніки та зоології,
Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2
м. Тернопіль
46027
роб. тел. (0352)-43-59-01
моб. тел. 0673152058

SUBMISSION GUIDELINES FOR AUTHORS

The guidelines are applicable to all the articles in “Scientific Notes ... Series: Biology” published in Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, is approved by the Resolution of Higher Attestation Commission of Ukraine from 10.03.10, protocol № 1-05/2. In March 2016, it was re-certified for a new five-year period (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine N. 241 dated March 9, 2016, Position N. 82). The journal is included in the list of Research Works of Ukraine (category B, order of ministry of education and science of Ukraine, July 2, 2020 № 886).

The abstracts fall into the following sections:

Botany

Zoology

Biotechnology

Biochemistry

Genetics

Hydrobiology

Ecology

Ichthyology

Molecular biology

Physiology of humans and animals

Plant physiology

Cytology, cell biology, histology

Reviews

History of science. Outstanding people

Announcements, reports, chronicles

The research articles are published in Ukrainian or English.

Submissions may take place

1. online through <http://journals.chem-bio.com.ua>
2. via email sent to journal@chem-bio.com.ua

The article is supplemented by author's biography for each author of the article containing the following information:

- 1) author's last name, first name, patronymic (middle) name;
- 2) scientific degree, academic rank, title (affiliation);
- 3) each author's profile in ORCID;
- 4) address;
- 5) telephones (mobile and office);
- 6) e-mail address;
- 7) name of the section matching the subject matter of the article.

In case of multiple authors, the contact information of one author should be given to handle all the correspondence.

SUBMISSION GUIDELINES FOR AUTHORS

The editorial board kindly asks the authors submitting their articles to comply with general manuscript organization guidelines:

Please use the email address journal@chem-bio.com.ua **to send the following:**

manuscript of the article (the text with pictures and tables/charts) as **.doc or .docx file**. As a file name, please use the last name of the first author in Latin letters. For example, Hertz.doc (the first author is Hertz);

layout of the article with pictures and tables included in **.pdf** format. As a file name, please use the last name of the first author in Latin letters. For example, Hertz.pdf;

illustrations as separate files in color (for online versions) and black and white (for print version) in **.jpg** format. As a file name, please use the last name of the first author in Latin letters. For example, Hertz_fig1.jpg (the first author is Hertz, Figure 1).

Articles are minimum 5 and maximum 12 pages long in typed text.

Articles failing to comply with these guidelines will not be processed for review. .

Articles are edited and reviewed by two independent reviewers - leading experts in relevant branches of biological science.

MANUSCRIPT ORGANIZATION

UDK

AUTHOR(S) INITIALS, LAST NAME

Affiliated institution

Institution address, email

TITLE OF THE ARTICLE

Abstract in Ukrainian

Key words (maximum 10)

Main body

(Articles of an experimental nature should contact: Introduction. Materials and methods of research. Research findings and their discussion. Conclusions.)

List of references

Extended summary (2500-3000 characters) in English. The summary should contain author (s) last name, affiliated institution, the title of the article, the text of summary and key words.

TEXT FORMAT

The text is typed with 1.5 interval without hyphenation, the font size is 14, Times New Roman in the MS Word editor. Indent of the paragraph is 1.25 cm. Margins: 2.5 cm left, 2.0 cm top and bottom, 1.5 cm to the left. All special characters, as well as letters of the Greek and other alphabets, must be clearly typed with the matching character on the keyboard.

Figures and text tables should be numbered in Arabic numerals. At first mention, they should be abbreviated: fig. 1, tab. 1 etc. If there are no other figures or tables, then the full words (table), (figure) are to be written in the text.

The Latin names of taxonomic units are given as the latest versions (this does not apply to the nature of taxonomic boundaries). Full Latin names of species and authors' last names should be given only once at the first mention, followed by a shortened version, e.g.:

A typical species for this group is *Fragaria vesca* L. *F. vesca* may occur ... etc.

LIST OF REFERENCES

References in the text are to be given in square brackets. For example, [1]. The list of literature (References) is in the **order of citation** in English. The list of literature should conform with reference style adopted by DSTU 8302: 2015 and in accord with the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 40 dated January 12, 2017. For references to Ukrainian sources, authors' last names and publication titles should be ordered according to the English version of the summary or the content of the source publication.

If English-language bibliographic data are missing, authors' last names and publication title should be transliterated to Latin script following the standard of the US Library of Congress, and the title should be translated into English. For transliteration you can use the Internet service at the link <http://utgis.org.ua/translit>. Also, in case of references to the Ukrainian language sources, the link in the Latin script, should be followed by the mention of the source language given in square brackets (for example [in Ukrainian]) and, through slash, to provide an additional reference in the original language. Publications with **DOI identifier** must provide its number at the end of the link. *Due to the Russian aggression, the editorial board of the collection kindly requests not to reference Russian-language sources.*

ARTWORK GUIDELINES

The black-and-white images (grayscale mode) should be included in the text of the article as well as separate .jpg files with a resolution of 200-400 dpi. In addition, authors may also file color images for publication in an electronic version of the collection. Font for caption of illustrations is Times New Roman, 12 pt. Captions **are not included** in the illustrations. The width of the drawing should be up to 80 mm (one column of text) or up to 180 mm (two columns of text); height with regard to the text of the caption - no more than 234 mm.

To ensure proper implementation of the provisions of the Laws of Ukraine "On Education" and "On Higher Education" regarding adherence to the fundamental principles of academic integrity, all submitted materials will be checked for textual borrowings using the StrikePlagiarism software, in accordance with the Recommendations for Preventing and Detecting Academic Plagiarism in Scientific Works (<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v8681729-18#Text>).

Following the reviewing of the manuscripts by the editorial board, the contributing authors will be emailed about the status of their publications.

Address of the editorial board:

The Executive Secretary of
editorial board of the collection
“Scientific Notes of TNPU Series: Biology”
Holinei Halyna Mykhailivna
Department of botany and zoology,
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
M. Kryvonosa str., 2
Ternopil
46027
tel. (0352) 43-59-01
mob. 0673152058



**TERNOPIL VOLODYMYR HNATIUK
NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY**

Підписано до друку 27.06.2025. Формат 60 x 84/18. Папір друкарський.
Умовних друкованих аркушів – 11,6. Обліково-видавничих аркушів – 7,6. Замовлення № 23
Наклад 300 прим.

Віддруковано у видавничому центрі «Вектор»
46018, м. Тернопіль, вул. Львівська, 12. Тел.: (0352) 40-18-12

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ТР № 46 від 07 березня 2013р.
ФО Осадца Ю.В.

Signed for printing 27.06.2025. Format 60 x 84/18. Printing paper.
Number of conventional printing sheets – 11.6. Number of accounted and published pages – 7.6. Order № 23.
Edition 300 copies. Published in the publishing centre “Vector”
46018, Ternopil, st. Lvivska, 12. Phone: (0352) 40-18-12

Certificate of enlisting the subject of publishing in the State Register of publishers,
manufactures and distributors of publishing products
Series TP № 46 from 07 March 2013
Name and surname Osadtsa Yu. V.