

ISSN 2786-6955

UDC 57:54:664

BHT 3

BIOTA. HUMAN. TECHNOLOGY

International Scientific Journal

Electronic edition



2022



BTH

2022 | 3

International Scientific Journal

This is an international open-access, peer-reviewed electronic journal founded by the T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”.

The Journal publishes original research papers, review articles and short communication papers in the fields of Biological Sciences, Health, Food and Chemical Technologies.

Responsibility for facts, quotations, private names, enterprises and organizations titles, geographical locations etc. to be barred by the authors.

The Editorial Office and Board do not always share the views and thoughts expressed in the articles published.

© T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, 2022

Journal is reflected in the following databases:

Google Scholar
V.I. Vernadskiy National Library of Ukraine
Crossref

Languages: English, Polish, Ukrainian

Frequency: 3 numbers in year

Founder: T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”

Publisher: T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”

Address of Editorial Office: 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Tel. +38(067)507-8805 (Oleksandr Lukash)

Email: bht.journal.nuchc@gmail.com

EDITORIAL BOARD

Oleksandr V. LUKASH

(Editor-in-Chief)

Doctor of Biological Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Iryna M. KURMAKOVA

(Deputy Editor-in-Chief)

Doctor of Technical Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Olena S. BONDAR

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Yulia V. BONDARENKO

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

Olena E. CHYHYRYNETZ

Doctor of Technical Sciences, Professor
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

Nataliia R. DEMCHENKO

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Natalia V. GREVTSEVA

Ph.D. in Technical Sciences, Professor
V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

Olena V. HORODYSKA

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Vasyly V. HRUBINKO

Doctor of Biological Sciences, Professor
Ternopil Volodymyr Hnatiuk
National Pedagogical University, Ukraine

Yuri O. KARPENKO

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Olena Yu. KUPCHYK

Ph.D. in Chemical Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Natalia M. KURCHALUK

Doctor of Biological Sciences, Professor
Akademia Pomorska w Slupsku, Poland

Svitlana V. KYRIIENKO

Ph.D. in Biological Sciences
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Nadiia V. LAPITSKA

Ph.D. in Technical Sciences
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Olga B. MEKHED

Doctor of Pedagogical Sciences,
Ph.D. in Biological Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Nataliia V. TKACHUK

(Managing Editor)

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Olga I. SYZA

(Deputy Editor-in-Chief)

Doctor of Technical Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Kateryna V. RUBANKA

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
National University of Food Technologies, Ukraine

Svitlana H. OLIINYK

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
State Biotechnological University, Ukraine

Lee T. OSTROM

Ph.D., Professor
University of Idaho, USA

Olga V. SAMOKHVALOVA

Ph.D. in Technical Sciences, Professor
State Biotechnological University, Ukraine

Olesia M. SAVCHENKO

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Mariia I. SHANAIDA

Doctor in Pharm. Sciences, Associate Professor,
Ph.D. in Biological Sciences
I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine

Nataliia O. SMOLIAR

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
National University "Yuri Kondratyuk
Poltava Polytechnic", Ukraine

Halyna M. TKACHENKO

Doctor of Biological Sciences, Professor
Akademia Pomorska w Slupsku, Poland

Andrei G. TSURYKAU

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
Francisk Skorina Gomel State University,
Republic of Belarus

Viktoriya I. VOROBYOVA

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

Viktor O. YANCHENKO

Ph.D. in Pharmacological Sciences, Associate Professor
T.H. Shevchenko National University
"Chernihiv Colehium", Ukraine

Alla O. ZHYDENKO

Doctor of Biological Sciences, Professor
T.H. Shevchenko National University "Chernihiv
Colehium", Ukraine

Liubov B. ZELENA

Ph.D. in Biological Sciences, Senior Research Fellow
Danylo Zabolotny Institute of Microbiology
and Virology, NAS of Ukraine, Ukraine

Foreword

from the Editor-in-Chief

There is no need to convince readers of the first our issue that the natural environment is created and maintained by living organisms, the totality of which is biota. The study of the diversity of living, which began since the day of Hippocrates, Aristotle, and Theophrastus, has not lost its relevance in the modern scientific world.

In the 21st century, the search for scientists in quite diverse – from inventory species diversity of ecosystems to the study of adaptation mechanisms of organisms and biota metagenomic studies.

The biota, for which there are no administrative boundaries, compensates for any environmental disturbances that do not exceed the threshold of destruction of the biota itself. This implies the need for international cooperation in various fields of living research. In order to bring together scholars who study different aspects of biotic potential of the environment and its conservation, we are launching the international scientific journal *Biota. Human. Technology*. We are the part of the Editorial Board of the Journal attracted scientists from different countries, who carry out scientific research in various fields of Biology, Ecology, Health, Food and Chemical Technologies.

We expect from our potential authors original articles dedicated to the results of diverse studies of living matter at different levels of the organization – from molecular to biosphere. We look forward to articles on the problems of the functioning of biological systems (including the human body), biodiversity protection of the environment, as well as healthy human nutrition and technological processes.

The BHT Journal pages always have a place to cover the results of scientific discussions which were made by researchers from all the world.

Respectfully Yours,
Prof. O. Lukash



CONTENTS

PHYTOBIOTA

ФІТОБІОТА

Юрій Карпенко, Світлана Потоцька, Володимир Сverdlov
СУДИННІ РОСЛИНИ СПОНТАННОЇ ФЛОРИ РЕГІОНАЛЬНОГО
ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ «ЯЛІВЩИНА» (М. ЧЕРНІГІВ)

Yurii Karpenko, Svitlana Pototska, Volodymyr Sverdlov
VASCULAR PLANTS OF THE SPONTANEOUS FLORA OF THE REGIONAL
LANDSCAPE PARK «YALIVSCHINA» (CHERNIHIV CITY)
[in Ukrainian]

- 7 -

ZOOBIOTA

ЗООБІОТА

Olga Nazarchuk
NESTING PECULIARITIES AND INTERLAY VARIABILITY OF THE *STERNIDAE* FAMILY BIRDS' EGGS
IN THE PRIPYAT RIVER MIDDLE STRECH FLOODPLAN

Ольга Назарчук
ОСОБЛИВОСТІ ГНІЗДУВАННЯ ТА ВНУТРІШНЬОКЛАДКОВА МІНЛИВІСТЬ ЯЄЦЬ ПТАХІВ
РОДИНИ *STERNIDAE* У ЗАПЛАВИ СЕРЕДНЬОЇ ТЕЧІЇ РІЧКИ ПРИП'ЯТЬ
[in English]

- 20 -

Tetiana Zhylina, Valentyna Shevchenko
ФАУНА ГРУНТОВИХ НЕМАТОД ПРИБЕРЕЖНИХ СМУТ
РІЧОК ЧЕРНІГІВСЬКОГО ПОЛІССЯ

Tetiana Zhylina, Valentyna Shevchenko
FAUNA OF SOIL NEMATODES OF RIVER BANKS
IN CHERNIHIV POLESIA
[in Ukrainian]

- 26 -

MICROBIOTA

МІКРОБІОТА

*Halyna Tkachenko, Natalia Kurhaluk, Lyudmyla Buyun,
Oleksandr Lukash, Vitaliy Honcharenko, Andriy Prokopiv*
EVALUATION OF ANTIMICROBIAL ACTIVITY
OF ETHANOLIC EXTRACT DERIVED
FROM LEAVES OF *FICUS CYATHISTIPULA* WARB. (*MORACEAE*)

*Галина Ткаченко, Наталія Курхалюк, Людмила Буюн,
Олександр Лукаш, Віталій Гончаренко, Андрій Прокопів*
ОЦІНКА АНТИМІКРОБНОЇ АКТИВНОСТІ ЕТАНОЛЬНОГО ЕКСТРАКТУ
ЛИСТЯ *FICUS CYATHISTIPULA* WARB. (*MORACEAE*)
[in English]

- 37 -

ENVIRONMENTAL POLLUTION STRESSES AND ORGANISMS' RESPONSE

СТРЕСИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ
ТА РЕАКЦІЯ ОРГАНІЗМІВ

Nataliia Tkachuk, Liubov Zelena

AN ONION (*ALLIUM CEPA* L.) AS A TEST PLANT

Наталія Ткачук, Любов Зелена

ЦИБУЛЯ РІПЧАСТА (*ALLIUM CEPA* L.) ЯК ТЕСТ-РОСЛИНА

[in English]

- 50 -

Oleksandr Lukash, Andriy Davidenko, Stor Pyrozhkov

ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ТА НАСЛІДКИ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ
НА БДЖІЛЬНИЦТВО У ПОЛІСЬКІЙ ЧАСТИНІ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Oleksandr Lukash, Andrey Davidenko, Yehor Pyrozhkov

ECOLOGICAL FACTORS AND CONSEQUENCES
OF THE MILITARY ACTIONS INFLUENCE ON BEEKEEPING
IN THE CHERNIHIV REGION POLESIA PART

[in Ukrainian]

- 60 -

MAN AND HIS HEALTH

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Halyna Tkachenko, Natalia Kurhaluk, Lyudmyla Buyun,

Vitaliy Honcharenko, Andriy Prokopiv

IN VITRO PROTECTIVE EFFECT OF LEAF EXTRACT OF *FICUS DELTOIDEA* JACK (MORACEAE)
ON BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS IN THE HUMAN ERYTHROCYTES

Галина Ткаченко, Наталія Курхалюк, Людмила Буюн,

Віталій Гончаренко, Андрій Прокопів

ЗАХИСНИЙ ЕФЕКТ IN VITRO ЕКСТРАКТУ, ОТРИМАНОГО З ЛИСТЯ *FICUS DELTOIDEA* JACK (MORACEAE),
НА БІОМАРКЕРИ ОКИСНЮВАЛЬНОГО СТРЕСУ В ЕРИТРОЦИТАХ ЛЮДИНИ

[in English]

- 74 -

FOOD TECHNOLOGIES

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Nadiia Lapytska, Karolina Berezhniak

АНАЛІЗ РИНКУ ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ ВИН ТА АКТИВАТОРІВ БРОДІННЯ

Nadiia Lapytska, Karolina Berezhniak

ANALYSIS OF THE MARKET OF FRUIT AND BERRY WINES AND FERMENTATION ACTIVATORS

[in Ukrainian]

- 87 -

Yuliia Bondarenko, Galina Andronovich, Olena Bilyk, Oksana Kochubei-Lytvynenko

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАМОЧУВАННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Yuliia Bondarenko, Galina Andronovich, Olena Bilyk, Oksana Kochubei-Lytvynenko

OPTIMIZING THE PARAMETERS OF SOAKING FLAX SEEDS
FOR THE PRODUCTION OF WHEAT BREAD

[in Ukrainian]

- 100 -



ΡΗΥΤΟΒΙΟΤΑ

ΦΙΤΟΒΙΟΤΑ



UDC 582.361/99:712.253 (477.51)

Юрій Карпенко, Світлана Потоцька, Володимир Сverdlov

СУДИННІ РОСЛИНИ СПОНТАННОЇ ФЛОРИ
РЕГІОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ «ЯЛІВЩИНА»
(М. ЧЕРНІГІВ)

Yurii Karpenko, Svitlana Pototska, Volodymyr Sverdlov

VASCULAR PLANTS OF THE SPONTANEOUS FLORA OF THE REGIONAL LANDSCAPE
PARK «YALIVSCHINA» (CHERNIHIV CITY)

DOI: 10.58407/bht.3.22.1

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Карпенко, Ю., Потоцька, С., Сverdlov, В., 2022

АНОТАЦІЯ

Актуальним і першочерговим завданням для кожного об'єкта природно-заповідного фонду є повна інвентаризація біоти, в тому числі судинних рослин як бази подальшого ботанічного моніторингу.

Мета. Навести узагальнюючий перелік видів судинних рослин спонтанної флори території регіонального ландшафтного парку (РЛП) «Ялівщина»

Методологія. Польові дослідження проводилися в період 2015-2022 років детально-маршрутними та напівстаціонарними методами у межах функціональних зон парку, його лісових екоотопів РЛП «Ялівщина» та здійснено узагальнення авторських даних щодо фіторізноманіття парку. При вивченні флори були використані загально визнані методи флористичного аналізу. Назви таксонів судинних рослин наводяться на основі сучасних підходів номенклатури та згідно даних Національної мережі інформації з біорізноманіття (UkrBIN).

Наукова новизна. На підставі проведених власних флорохорологічних досліджень, опрацювання гербарної колекції Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка та аналізу літературних джерел уперше складено список судинних рослин спонтанної флори для території РЛП «Ялівщина» у місті Чернігові.

Висновки. У складі спонтанної флори регіонального ландшафтного парку «Ялівщина» виявлено 605 видів, що за систематичною структурою розподіляються між 340 родами, 95 родинами судинних рослин. Загалом слід відзначити, що флора РЛП «Ялівщина» характеризується значним видовим різноманіттям, наявністю ряду рідкісних таксонів (22 види судинних рослин). У складі флори парку переважають природні види лісової групи, але до її складу входять також ряд синантропних і інтродукованих видів, що мають фрагментарне поширення, і це пов'язано з тривалим антропогенним впливом на територію РЛП «Ялівщина» та існуванням на цій території ботанічного саду в 50-70-х роках ХХ століття.

Ключові слова: фіторізноманіття, судинні рослини, природоохоронні території, Чернігівське Полісся, регіональний ландшафтний парк «Ялівщина», місто Чернігів

ABSTRACT

A complete inventory of biota, including vascular plants as a basis for further botanical monitoring, is an urgent and priority task for each object of the nature reserve fund.

The purpose of the article. Provide a general list of vascular plant species of the spontaneous flora of the territory of the regional landscape park (RLP) «Yalivshchyna».

Research methodology. Field research was conducted in the period of 2015-2022 by detailed route and semi-stationary methods within the functional zones of the park, its forest ecotopes of the Yalivshchyna RLP, and the author's data on the phytodiversity of the park were summarized. When studying the flora, generally recognized methods of

floristic analysis were used. The names of vascular plant taxa are given on the basis of modern nomenclature approaches, according to the data of the National Biodiversity Information Network (UkrBIN).

Scientific novelty. On the basis of our own florochorological studies, processing of the herbarium collection of the T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium» and the analysis of literary sources, a list of spontaneous vascular plants was compiled for the first time for the territory of the «Yalivshchyna» RLP in Chernihiv city.

Conclusion. In the composition of the spontaneous flora of the regional landscape park «Yalivshchyna» 605 species were found, which according to the systematic structure are distributed among 340 genera, 95 families of vascular plants. In general, it should be noted that the flora of the «Yalivshchyna» RLP is characterized by significant species diversity, the presence of a number of rare taxa. The flora of the park is dominated by natural species of the forest group, but it also includes a number of synanthropic and introduced species that have a fragmented distribution, and this is due to the long-term anthropogenic impact on the territory of the «Yalivshchyna» RLP and the existence of a botanical garden on this territory in 50-70s of the 20th century.

Key words: phytodiversity, vascular plants, nature conservation areas, Chernihiv Polesia, regional landscape park «Yalivshchyna», Chernihiv city

Постановка проблеми

Актуальність роботи. Перспектива інтеграції існуючої природно-заповідної мережі України із загально-європейською та проблема збереження біорізноманіття різних регіонів привертають увагу до природоохоронних територій, особливо в межах урбанізованих екосистем. Відповідно до цього актуальним і першочерговим завданням для кожного об'єкта природно-заповідного фонду є повна інвентаризація біоти, в тому числі судинних рослин як бази подальшого ботанічного моніторингу.

Територія регіонального ландшафтного парку «Ялівщина» (далі РЛП «Ялівщина») знаходиться в південно-західній частині міста Чернігова. Вона включає ділянки заплави та борової тераси річки Стрижень і характеризується розгалуженою системою ярів і балок в поєднанні з рівнинними ділянками.

Історично територія формувалася на основі природного каркасу, але мала антропогенні трансформації у різні періоди, особливо у другій половині ХХ століття. Так, 27 березня 1945 року була прийнята постанова Чернігівського облвиконкому про організацію Чернігівського обласного ботанічного саду, площа якого станом на 1946 рік складала 170 га, а колекція налічувала 480 видів рослин та 720 сортів декоративних рослин [1]. У травні 1956 р. на його базі було створено міський ботанічний сад, що відповідно стало початком руйнації цієї установи. У подальшому статус даної території змінювався – від парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення (1964-1989) до лісового заказника на незначній площі (7,2 га з 1991 року) [1], а

з 28 березня 2014 року – території рекреаційного призначення у категорії «регіональний ландшафтний парк» площею 168,7 га. Фрагментарні відомості про окремі групи флори та флористичні особливості території досліджень наведені у ряді робіт авторів [2; 5].

Результати дослідження

Згідно з фізико-географічним районування України, територія «Ялівщини» належить до фізико-географічного провінції Чернігівського Полісся і являє собою надзаплатно-терасну місцевість, почленовану яружно-балковою мережею, на флювіогляціальних відкладах з супіщаними дерново-середньопідзолистими ґрунтами [6].

Згідно флористичного районування України, територія досліджень належить до Європейської області, Східноєвропейської провінції, Поліської підпровінції, Лівобережно-дніпровського округу [6].

В цілому природно-кліматичні умови території РЛП «Ялівщина» за кількістю тепла, світла й вологи сприятливі для зростання переважної більшості судинних рослин помірної зони.

Внаслідок проведених флористичних досліджень, детального аналізу гербарних зборів, назв таксонів [3] і наявних літературних джерел та даних Національної мережі інформації з біорізноманіття (UkrBIN) [4] нами складено перелік судинних рослин спонтанної флори, виявлених на території РЛП «Ялівщина», який налічує 605 видів, 340 родів, 95 родин, 5 класів та 4 відділи.

**Інвентаризаційний список судинних рослин спонтанної флори
на території РЛП «Ялівщина»**

EQUISETOPSIDA**Родина Equisetaceae**

Equisetum arvense L.
E. fluviatile L.
E. hyemale L.
E. sylvaticum L.
E. pratense Ehrh.
E. ramosissimum Desf.

POLYPODIOPSIDA**Родина Onocleaceae**

Matteuccia strubiopteris L.

Родина Aspidiaceae

Dryopteris carthusiana (Vill.) H.P.Fuchs
Dr. dilatata (Hoffm.) A. Gray
D. filix-mas (L.) Shott
Gymnocarpium dryopteris (L.) Newm.
Polystichum aculeatum (L.) Roth

Родина Hypolepidaceae

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn

Родина Athyriaceae

Athyrium filix-femina (L.) Roth ex Mert.

Родина Thelypteridaceae

Thelypteris palustris Schott

Родина Salviniaceae

Salvinia natans (L.) All.

Родина Cystopteridaceae

Cystopteris fragilis (L.) Bernh.

PINOPHYTA**Родина Pinaceae**

Larix decidua Mill.
Picea abies (L.) Karst.
P. pungens Engelm.
Pinus nigra J.F.Arnold.
P. sylvestris L.
P. strobus L.

Родина Cupressaceae

Juniperus communis L.
J. sabina L.
J. virginiana L.
Thuja occidentalis L.

ANGIOSPERMS. MONOCOTS**Родина Alismataceae**

Alisma plantago-aquatica L.
Sagittaria sagittifolia L.

Родина Amaryllidaceae

Allium oleraceum L.
A. ursinum L.
Galanthus nivalis L.

Родина Acoraceae

Acorus calamus L.

Родина Lemnaceae

Lemna minor L.
Lemna trisulca L.
Spirodela polyrrhiza (L.) Schleid.

Родина Hydrocharitaceae

Elodea canadensis Michx.
Hydrocharis morsus-ranae L.
Stratiotes aloides L.

Родина Iridaceae

Iris pseudacorus L.

Родина Asparagaceae

Asparagus officinalis L.
Polygonatum multiflorum (L.) All.
Scilla bifolia L.
S. siberica Andr.
Maianthemum bifolium (L.) F.W.Schmidt

Родина Butomaceae

Butomus umbellatus L.

Родина Cyperaceae

Carex acuta L.
C. acutiformis Ehrh.
C. digitata L.
C. hirta L.
C. leporina L.
C. pilosa Scop.
C. riparia Curt.
Schoenoplectus lacustris (L.) Palla.
Scirpus lacustris L.
Eleocharis palustris (L.) Roem. et Schult.

Родина Juncaceae

Juncus articulatus L.
J. compressus Jacq.
J. effusus L.
J. tenageia Ehrh. ex L.f)
Luzula campestris (L.) DC.
L. multiflora (Ehrh.) Lej.
L. pilosa (L.) Willd.

Родина Liliaceae

Gagea lutea (L.) Ker Gawl.
G. minima (L.) Ker Gawl.
Convallaria majalis L.
Lilium martagon L.

Родина Orchidaceae

Epipactis helleborine (L.) Crantz
Platanthera bifolia (L.) Rich.

Родина Poaceae

Agrostis canina L.
A. gigantea Roth.
A. stolonifera L.
Alopecurus arundinaceus Poir.
A. pratensis L.
Apera spica-venti (L.) P.Beauv.
Brachypodium sylvaticum (Huds.) P.Beauv.
Brizia media L.
Bromus carinatus Hook. & Arn.
B. hordeaceus L.
B. inermis Leyss.
Calamagrostis epigejos (L.) Roth
Dactylis glomerata L.
Deschampsia cespitosa (L.) P.Beauv.
Digitaria sanguinalis (L.) Scop.
Echinochloa crus-galli (L.) P.Beauv.
Elytrigia intermedia (Host) Nevski
E. repens (L.) Nevski
Festuca gigantea (L.) Vill.
F. ovina L.
F. pratensis Huds.
F. rubra L.
Glyceria maxima (Hartm.) Holmb.
G. fluitans (L.) R.Br.
Hordeum murinum L.
Koeleria glauca (Spreng.) DC.
Lolium perenne L.
L. pratense (Huds.) Darbysh.
Melica nutans L.
Phleum pratense L.
Phragmites australis (Cav.) Trin ex Steud.
Phalaroides arundinacea (L.) Rausch.
Poa annua L.

P. bulbosa L.
P. compressa L.
P. nemoralis L.
P. palustris L.
P. pratensis L.
P. trivialis L.
Setaria verticillata (L.) P.Beauv.
S. viridis (L.) P.Beauv.

Родина Potamogetonaceae

Potamogeton crispus L.
P. natans L.
P. pectinatus L.

Родина Sparganiaceae

Sparganium emersum Rehm

Родина Typhaceae (Рогозові)

Typha angustifolia L.
T. latifolia L.

ANGIOSPERMS. EUDICOTS**Родина Adoxaceae**

Sambucus nigra L.
S. racemosa L.
Viburnum opulus L.

Родина Amaranthaceae

Amaranthus cruentus L.
A. powellii S.Watson
A. retroflexus L.
Atriplex oblongifolia Waldst. & Kit.
A. patula L.
A. sagittata Borkh.
A. tatarica L.
Chenopodium hybridum (L.) S.Fuentes,
 Uotila & Borsch
Chenopodium album L.
Ch. betaceum Andrz.
Ch. sueticum Murr:

Родина Apiaceae

Aegopodium podagraria L.
Aethusa cynapium L.
Anthriscus sylvestris (L.) Hoffm.
Chaerophyllum temulum L.
Conium maculatum L.
Daucus carota L.
Eryngium planum L.
Falcaria vulgaris Bernh.
Oenanthe aquatica (L.) Poir.
Pastinaca sativa L.

Pimpinella saxifraga L.
Peucedanum oreoselinum (L.) Moench.
Sium latifolium L.
Torilis japonica (Houtt.) DC.

Родина Anacardiaceae

Cotinus coggygria Scop.
Rhus glabra L

Родина Аросупасеае

Asclepias syriaca L.
Vinca minor L.
Vincetoxicum hirundinaria Medik

Родина Araliaceae

Aralia elata (Miq.) Seem
Hedera helix L.

Родина Aristolochiaceae

Aristolochia clematitis L.
Asarum europaeum L.

Родина Asteraceae

Achillea millefolium L.
Ambrosia artemisiifolia L.
Arctium lappa L.
A. tomentosum Mill.
Artemisia absinthium L.
A. annua L.
A. marschalliana Spreng.
A. vulgaris L.
Asrer alpinus L.
A. novi-belgii L.
Bidens cernua L.
B. frondosa L.
B. tripartita L.
Carduus acanthoides L.
C. crispus L.
Centaurea cyanus (All.) Dost
C. jacea L.
C. phrygia L.
C. pseudomaculosa Dobroc
Cichorium intybus L.
Cirsium arvense (L.) Scop.
C. vulgare (Savi) Ten.
Crepis foetida L.
C. paludosa (L.) Moench
C. tectorum L.
Cyclachaena xanthiifolia (Nutt.) Fresen.
Erigeron annuus (L.) Desf.
Eupatorium cannabinum L.
Jurinea cyanooides (L.) Rchb.
Galinsoga parviflora Cav.

Gnaphalium sylvaticum L.
Helianthus tuberosus L.
Heliopsis helianthoides (L.) Sweet.
Hieracium umbellatum L.
Hypochaeris radicata L.
Inula bifrons L.
I. salicina L.
Lactuca serriola L.
Lapsana communis L.
Leontodon autumnalis L.
Leucanthemum vulgare Lam.
Matricaria discoidea DC.
Mycelis muralis (L.) Dumort.
Picris hieracioides L.
Pilosella caespitosa (Dumort.) P.D.Sell & C.West
P. floribunda (Wimm. & Grab.) Fr.
P. officinarum F.Schultz & Sch.Bip.
Rudbeckia hirta L.
Scorzoneroideis autumnalis (L.) Moench
Senecio vulgaris L.
Solidago canadensis L.
S. virgaurea L.
Sonchus arvensis subsp. *uliginosus* (M.Bieb.) Nyman
S. oleraceus L.
Tanacetum vulgare L.
Taraxacum officinale aggr.
T. proximum (Dahlst.) Dahlst.
Tragopogon dubius Scop.
Tripleurospermum inodorum (L.) Sch.Bip.
Tussilago farfara L.
Xanthium albinum (Widd.) H.Scholz

Родина Balsaminaceae

Impatiens noli-tangere L.
I. parviflora DC.

Родина Berberidaceae

Berberis thunbergii DC.
B. vulgaris L.
Mahonia aquifolium (Pursh.) Nutt.

Родина Betulaceae

Alnus glutinosa (L.) Gaertn.
Betula pendula Roth
Carpinus betulus L.
Corulus avellana L.
C. corulna L.

Родина Bignonioides

Catalpa bignonioides Walter

Родина Boraginaceae

Cynoglossum officinale L.
Echium vulgare L.
Lithospermum officinale L.
Lycopsis arvensis L.
Myosotis arvensis (L.) Hill
M. palustris L.
M. sparsiflora L.
Nonea pulla (L.) DC.
Pulmonaria obscura Dumort.
Symphytum officinale L.

Родина Brassicaceae

Alliaria petiolata (M.Bieb.) Cavara & Grande
Armoracia rusticana P.Gaertn., B.Mey. & Scherb.
Berteroa incana (L.) DC.
Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.
Cardamine parviflora L.
Descurainia sophia (L.) Webb ex Prantl
Diplotaxis muralis (L.) DC.
D. tenuifolia (L.) DC.
Draba verna L.
Erysimum cuspidatum (M.Bieb.) DC.
Lepidium draba L.
L. ruderale L.
Rorippa austriaca (Crantz) Besser
R. sylvestris (L.) Besser
Sisymbrium loeselii L.
S. officinale (L.) Scop.
Thlaspi arvense L.

Родина Campanulaceae

Campanula glomerata L.
C. patula L.
C. persicifolia L.
C. rapunculoides L.
C. sibirica L.
C. trachelium L.
Jasione montana L.

Родина Cannabaceae

Cannabis ruderalis L.
Humulus lupulus L.

Родина Caprifoliaceae

Dipsacus fullonum L.
Knautia arvensis (L.) Coult.
Lonicera caprifolium L.
L. tatarica L.
Symphoricarpos albus (L.) S.F.Blake
Valeriana officinalis L.

Родина Caryophyllaceae

Arenaria serpyllifolia L.
Cerastium holosteoides Fries
C. semidecandrum L.
Dianthus borbasii Vandas
D. deltoides L.
D. platyodon Klokov
Herniaria glabra L.
Moebria trinervia (L.) Clairv.
Myosoton aquaticum (L.) Moench
Rabiera holostea (L.) M.T.Sharple & E.A.Tripp
Sagina procumbens L.
Saponaria officinalis L.
Silene vulgaris (Moench) Garcke
Stellaria holostea L.
S. graminea L.
S. media (L.) Vill.
S. palustris Retz
Viscaria vulgaris Rohl.

Родина Celastraceae

Euonymus europaeus L.
E. verrucosus Scop.

Родина Ceratophyllaceae

Ceratophyllum demersum L.

Родина Convolvulaceae

Calystegia sepium (L.) R.Br.
Convolvulus arvensis L.

Родина Cornaceae

Cornus alba L.
C. sanguinea L.

Родина Crassulaceae

Sedum acre L.
S. album L.
S. maximum (L.) Suter.
S. pallidum M.Bieb.
S. ruprechtii Omelcz.
S. sexangulare L.
S. telephium L.

Родина Cucurbitaceae

Echinocystis lobata (Michx.) Torr. et A.Gray

Родина Dipsacaceae

Knautia arvensis (L.) Coult.
Scabiosa ochroleuca L.

Родина Elaeagnaceae

Elaeagnus angustifolia L.

Родина Euphorbiaceae

Euphorbia cyparissias L.
E. falcata L.
E. saratoi Ard.
E. virgata Waldst. & Kit.
Mercurialis perennis L.

Родина Fabaceae

Amorpha frutucosa L.
Astragalus glycyphyllos L.
Caragana arborescens Lam.
Chamaecytisus ruthenicus (Fisch. ex Woł.) Klásk.
Cladrastis kentukea (Dum.Cours.) Rudd.
Genista tinctoria L.
Gleditsia triacanthos L.
Lathyrus sylvestris L.
L. palustris L.
L. pratensis L.
L. vernus (L.) Bernh.
Lotus corniculatus L.
Lupinus polyphyllus Lindl.
Medicago falcata L.
M. lupulina L.
M. sativa L.
Melilotus albus Medik.
M. officinalis (L.) Lam.
Ononis arvensis L.
Robinia pseudoacacia L.
R. viscosa Vent.
Trifolium alpestre L.
T. arvense L.
T. fragiferum L.
T. hybridum L.
T. medium L.
T. montanum L.
T. pratense L.
T. repens L.
Vicia cracca L.
V. hirsuta (L.) Gray
V. sativa subsp. *nigra* (L.) Ehrh.
V. tetrasperma (L.) Schreb.
V. villosa Roth

Родина Fagaceae

Fagus sylvatica L.
Quercus robur L.
Q. rubra L.

Родина Gentianaceae

Centaureum erythraea Rafn

Родина Geraniaceae

Erodium cicutarium (L.) L'Her.

Geranium divaricatum Erhr

G. palustre L.
G. pratense L.
G. robertianum L.
G. sibiricum L.

Родина Grossulariaceae

Grossularia reclinata (L.) Mill
Ribes aureum Pursh
R. nigrum L.

Родина Hydrangeaceae

Philadelphus coronarius L.

Родина Hypericaceae

Hypericum maculatum Crantz
H. perforatum L.

Родина Juglandaceae

Juglans cinerea L.
J. mandshurica Maxim.
J. regia L.

Родина Lamiaceae

Ajuga genevensis L.
Ballota nigra L.
Betonica officinalis L.
Clinopodium acinos (L.) Kuntze
C. vulgare L.
Galeopsis bifida Boenn.
G. speciosa Mill.
Glechoma hederacea L.
G. hirsuta Waldst. & Kit.
Lamium album L.
L. maculatum (L.) L.
L. purpureum L.
Leonurus quinquelobatus Gilib.
Lycopus europaeus L.
Mentha aquatica L.
M. arvensis L.
Origanum vulgare L.
Perilla frutescens (L.) Britton
Prunella vulgaris L.
Salvia pratensis L.
Scutellaria galericulata L.
Stachys palustris L.
S. recta L.
Thymus serpyllum L.

Родина (Melanthiaceae)

Paris quadrifolia L.

Родина Malvaceae

Althaea officinalis L.
Malva neglecta Wallr.
M. sylvestris L.
M. thuringiaca Vis.
Tilia cordata Mill.
T. americana L.

Родина Moraceae

Morus alba L.
M. nigra L.

Родина Oleaceae

Forsythia × *intermedia* Zab.
Fraxinus excelsior L.
F. pennsylvanica Marshall
Ligustrum vulgare L.
Syringa josikaea J.Jacq. ex Rchb.
S. vulgaris L.

Родина Onagraceae

Chamaenerion angustifolium (L.) Scop.
Epilobium hirsutum L.
E. palustre L.
E. parviflorum Schreb.
Oenothera biennis L.
O. rubricaulis Kleb.

Родина Orobanchaceae

Lathraea squamaria L.
Melampyrum nemorosum L.
M. pratense L.
Odontites vulgaris Moench
Rhinanthus minor L.

Родина Oxalidaceae

Oxalis corniculata L.
O. stricta L.

Родина Papaveraceae

Chelidonium majus L.
Corydalis solida (L.) Clairv.
C. intermedia (L.) Mérat
Fumaria schleicheri Soy.-Will.
F. vaillantii Loisel.
Papaver rhoeas L.

Родина Phyllanthaceae

Flueggea suffruticosa (Pall.) Baill

Родина Phytolaccaceae

Phytolacca acinosa Roxb

Родина Plantaginaceae

Chaenorhinum minus (L.) Lange
Digitalis grandiflora Mill.
Linaria vulgaris Mill.
Plantago lanceolata L.
P. major L.
P. media L.
P. uliginosa F.W.Schmidt
Veronica anagalloides Guss.
V. arvensis L.
V. beccabunga L.
V. chamaedrys L.
V. dillenii Crantz
V. incana L.
V. longifolia L.
V. officinalis L.
Veronica persica Poir.
V. polita Fr.
V. spicata L.
V. verna L.

Родина Lythraceae

Lythrum salicaria L.

Родина Polemoneaceae

Phlox paniculata L.

Родина Polygonaceae

Fallopia convolvulus (L.) Á.Löve
Persicaria hydropiper (L.) Spach
P. lapathifolia (L.) Gray
P. maculosa Gray
P. mitis (Schrank) Asenov
Polygonum aviculare L.
P. amphibium L.
P. hydropiper L.
Reynouria japonica Houtt
Rumex acetosa L.
R. acetosella L.
R. confertus Willd.
R. crispus L. subsp. *crispus*
R. obtusifolius subsp. *sylvestris* (Lam.) Celak.
R. thyrsiflorus Fingerh

Родина Portulacaceae

Portulaca oleracea L.

Родина Primulaceae

Lysimachia nummularia L.
L. vulgaris L.
Naumburgia thyrsiflora L.
Primula veris L.
Trientalis europaea L.

Родина Nymphaeaceae*Nuphar lutea* (L.) Smith**Родина Ranunculaceae***Actaea spicata* L.*Anemone nemorosa* L.*A. ranunculoides* L.*A. sylvestris* L.*Aquilegia vulgaris* L.*Batrachium aquatile* Dumort.*Caltha palustris* L.*Clematis recta* L.*Consolida regalis* Gray*Ficaria verna* Huds.*Ranunculus acris* L.*R. auricomus* L.*R. ficaria* L.*R. flammula* L.*R. lingua* L.*R. polyanthemos* L.*R. repens* L.*R. sclerantus* L.*Thalictrum simplex* L.*T. lucidum* L.**Родина Resedaceae***Reseda lutea* L.**Родина Rhamnaceae***Frangula alnus* Mill.*Rhamnus cathartica* L.**Родина Rosaceae***Agrimonia eupatoria* L.*Alchemilla vulgaris* L.*Amelanchier ovalis* Medik*Argentina anserina* (L.) Rydb.*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot.*Armeniaca vulgaris* Lam.*Cotoneaster acutifolius* Turcz.*C. horizontalis* Decne*C. lycidum* Schlt.*Crataegus* × *kyrtostyla* Fingerh.*C. laevigata* (Poir.) DC.*C. rhypidophylla* Gand.*C. ucrainica* Pojark.*Crataegus monogyna* Jacq*Cerasus vulgaris* Mill.*C. avium* (L.) Moench.*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach*Filipendula vulgaris* Moench*Fragaria vesca* L.*F. viridis* Weston*Geum rivale* L.*G. urbanum* L.*Malus domestica* Borkh.*M. sylvestris* (L.) Mill.*M. baccata* (L.) Borkh*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim*Potentilla anserina* L.*P. argentea* L.*P. reptans* L.*Prunus avium* (L.) L.*P. armeniaca* L.*P. cerasifera* Ehrh.*P. cerasus* L.*P. maackii* Rupr.*P. padus* L.*P. serotina* Ehrh.*P. spinosa* L.*P. tomentosa* Thunb.*Pyrus communis* subsp. *pyraster* (L.) Ehrh.*P. cerasifera* Ehrh.*P. divaricata* Ledeb.*P. fruticosa* Pall*P. maackii* Rupr*P. mahaleb* L.*P. padus* L.*P. serotina* Ehrh.*P. spinosa* L.*P. virginiana* L.*Rosa canina* L.*R. corymbifera* Borkh.*R. majalis* Herrm.*R. rubiginosa* L.*R. rugosa* Thunb.*R. villosa* L.*Rubus caesius* L.*R. idaeus* L.*R. nessensis* Hall.*Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun*Sorbus aucuparia* L.*Spiraea japonica* L.*S. media* Schmidt.*S. salicifolia* L.**Родина Rubiaceae***Galium aparine* L.*G. boreale* L.*G. mollugo* L.*G. odoratum* L.*G. verum* L.*G. palustre* L.*G. physocarpum* Lebeb

Родина Rutaceae

Phellodendron amrense Rupr.
Ptelea trifoliata L.

Родина Salicaceae

Chrysosplenium alternifolium L.
Populus alba L.
P. balsamifera L.
P. nigra L.
P. nigra italica L.
P. tremula L.
Salix alba L.
S. acutifolia Willd.
S. fragilis L.
S. pentandra L.
S. triandra L.
S. viminalis L.

Родина Santalaceae (Санталові)

Viscum album L.
V. austriacum Wiesb

Родина Sapindaceae (Сапіндові)

Acer campestre L.
A. negundo L.
A. platanoides L.
A. pseudoplatanus L.
A. saccharinum L.
A. tataricum L.
Aesculus hippocastanum L.

Родина Scrophulariaceae

Scrophularia nodosa L.
Verbascum lychnitis L.
V. thapsus L.
V. lychnitis L.

Родина Solanaceae

Datura stramonium L.
Hyoscyamus niger L.
Lycium barbarum L.
Physalis alkekengi L.
Solanum dulcamara L.
S. nigrum L.

Родина Trapaceae

Trapa natans L.

Родина Ulmaceae

Ulmus glabra Huds.
U. laevis Pall.
U. pumila L.

Родина Urticaceae

Urtica urens L.
U. dioica L.
U. galeopsifolia J.Jacq. ex Blume

Родина Violaceae

Viola arvensis Murray
V. canina L.
V. hirta L.
V. odorata L.
V. rupestris F.W.Schmidt
V. riviniana Rchb.
V. mirabilis L.

Родина Vitaceae

Parthenocissus quinquefolia (L.) Planch.
Vitis amurensis Rupr.

Висновки

У складі спонтанної флори РЛП «Ялівщина» виявлено 605 видів, що за систематичною структурою розподіляються між 340 родами, 95 родинами судинних рослин. Загалом слід відзначити, що флора парку характеризується значним видовим різноманіттям, наявністю ряду рідкісних таксонів (22 види судинних рослин).

У складі флори парку переважають природні види лісової групи, але до її складу входять також ряд синантропних і інтродукованих видів, що мають фрагментарне поширення, і це пов'язано з тривалим антропогенним впливом на територію РЛП «Ялівщина» та існуванням на цій території ботанічного саду в 50-70-х роках ХХ століття.

References

1. Karpenko, Yu., & Pototska, S. (2012). Chernihivskiyi oblasnyi botanichnyi sad: istoriia stvorennia, rozvytku, zanepadu ta vidnovlennia. *Introduktsiia roslyn - Introduction of plants*, 4, 59-63.
Карпенко Ю., Потоцька С. (2012). Чернігівський обласний ботанічний сад: історія створення, розвитку, занепаду та відновлення. *Інтродукція рослин*. № 4, С. 59-63.
2. Karpenko, Yu., Sverdlov, V., & Pototska, S. (2022). Florystychni ta tsenotychni osoblyvosti terytorii rehionalnoho landshaftnoho parku «Ialivshchyna». Suchasni fitosozolohichni doslidzhennia v Ukraini: zbirnyk naukovykh prats z nahody vshanuvannia pamiaty vydatnoho fitosozoloaha, d-ra biol. nauk, prof. T.L. Andriienko-Maliuk (1938–2016 rr.). Vyp. 6. Kyiv: Talkom. S. 38-44.
Карпенко Ю., Свердлов В., Потоцька С. (2022). Флористичні та ценотичні особливості території регіонального ландшафтного парку «Ялівщина». Сучасні фітосозологічні дослідження в Україні: збірник наукових праць з нагоди вшанування пам'яті видатного фітосозолога, д-ра біол. наук, проф. Т.Л. Андрієнко-Малюк (1938–2016 рр.). Вип. 6. Київ: Талком, 2022. С. 38-44.
3. Mosyakin, S., & Fedoronchuk, M. (1999). Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev: Inst. Bot.
4. Plantae 2022. In UkrBIN: Ukrainian Biodiversity Information Network [public project & web application]. UkrBIN, Database on Biodiversity Information. Available from: <http://https://ukrbn.com> (December 28, 2022).
5. Pototska, S. (2009). Suchasnyi stan dendroflory urochyscha «Ialivshchyna» ta shliakhy yoho zberezhennia. *Zbirnyk naukovykh prats Poltavskoho pedahohichnoho universytetu imeni V.H. Korolenka. Serii «Ekolohiia. Biolohichni nauky» – Collection of scientific works of Poltava Pedagogical University named after V.H. Korolenko. The series «Ecology. Biological sciences»*. 1, 114–120.
Потоцька С. Сучасний стан дендрофлори урочища «Ялівщина» та шляхи його збереження. Збірник наукових праць Полтавського педагогічного університету імені В.Г. Короленка. Серія «Екологія. Біологічні науки». 2009. Вип. 1. Полтава. С. 114–120.
6. Rudenko, L.(2007). Natsionalnyi atlas Ukrainy: atlas. Instytut heohrafii NAN Ukrainy. Kyiv: DNVP «Kartohrafiia».
Національний атлас України: атлас 2007. [наук. ред. Руденко Л. Г.]; Інститут географії НАН України [та ін.]. К.: ДНВП «Картографія», 440 с.

Received: 15.01.2023. Accepted: 18.02.2023. Published: 06.03.2023.

Cite this article in APA Style as:

Карпенко, Ю., Потоцька, С., Свердлов, В. (2022). Судинні рослини спонтанної флори регіонального ландшафтного парку «Ялівщина» (м. Чернігів) [Vascular plants of the spontaneous flora of the regional landscape park «Yalivschina» (Chernihiv city)]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 3, 7–18. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Karpenko Yu. [*in Ukrainian: Карпенко Ю.*] ¹, Ph.D. in Biol. Sc., email: yuch2011@i.ua
ORCID: 0000-0002-1703-8473

Department of Ecology and Nature Conservation, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Pototska S. [*in Ukrainian: Потоцька С.*] ², Ph.D. in Biol. Sc., email: s_pototska@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3595-503X

Department of Biology, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Sverdlov V. [*in Ukrainian: Свєрдлов В.*] ³, Ph.D.Student, email: vovasv8989@ukr.net
ORCID: 0000-0002-4079-0831

Department of Ecology and Nature Conservation, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, manuscript preparation.

² Data collection.

³ Data collection.



ZOOBIOTA

ZOOBIOTA



UDC 598.243.7:556.5(477)

Olga Nazarchuk

NESTING PECULIARITIES AND INTERLAY VARIABILITY
OF THE *STERNIDAE* FAMILY BIRDS' EGGS
IN THE PRIPYAT RIVER MIDDLE STRECH FLOODPLAN

Ольга Назарчук

ОСОБЛИВОСТІ ГНІЗДУВАННЯ ТА ВНУТРІШНЬОКЛАДКОВА МІНЛИВІСТЬ
ЯЄЦЬ ПТАХІВ РОДИНИ *STERNIDAE*
У ЗАПЛАВІ СЕРЕДНЬОЇ ТЕЧІЇ РІЧКИ ПРИП'ЯТЬ

DOI: 10.58407/bht.3.22.2

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Nazarchuk, O., 2022

ABSTRACT

Purpose: to analyze the nesting features of birds of the *Sternidae* family living in the floodplain meadow of the Pripyat River.

Methodology. For research, the route method was used, in which bird nests were identified during direct examination of the territory of the floodplain meadow. Hard-to-reach areas of the meadow were surveyed from a boat. To assess the morphological parameters of the eggs of birds of the *Sternidae* family, the eggs were measured using a caliper. The length (L) and diameter of the eggs (B) were measured. Based on the measurements, the index of intra-laying variability (i_v) was determined. During the study period, 245 eggs of birds of the *Sternidae* family were measured, of which 88 eggs were in the Common tern, 60 eggs in the Little tern, 51 eggs in the White-winged tern and 46 eggs in the Whiskered tern.

Scientific novelty. It has been established that the formation of multispecies colonies of birds of the *Sternidae* family makes it possible to qualitatively use territories favorable for nesting and provides protection of nests from raptors to accompanying bird species. The smallest intra-laying variability of the studied egg parameters was found in the common and barnacle tern, which is an indicator of the birds' adaptability to nesting conditions.

Conclusions. The nesting of White-winged black and Whiskered tern is directly dependent on floodwater level. A gradual decrease in the level of floodwaters leads to the drying up of the floodplain meadow and the impossibility of building nests, since these species build nests on aquatic plants or floating bogs.

Nesting of Little and Common tern is limited by biotic factors, such as predation by *Corvidae* birds and other animals, as well as anthropogenic factors - people resting on the shore, fishermen and locals visiting the meadow, which in turn creates a disturbance factor for the birds.

Among the bird species considered, the maximum value of the index of intra-variability of eggs laying in egg diameter (i_v) was found for White-winged black tern ($i_v = 4.10 \pm 0.52$). The minimum value of this index is observed in Whiskered tern ($i_v = 3.41 \pm 0.39$). It should be noted that differences in this index among Common tern are less pronounced than among Marsh tern

The maximum value of the index of intra-variability of eggs laying (i_v) was found for Little Tern ($i_v = 5.42 \pm 0.65$). The minimum value of this indicator was found in Common tern ($i_v = 3.90 \pm 0.44$). For Marsh tern (Whiskered and White-winged black tern), the value of the index of intra-variability of eggs laying length (i_v) does not differ significantly.

Key words: terns, nesting, eggs, intra-variability of eggs laying.

АНОТАЦІЯ

Мета: на заплавної луці річки Прип'ять провести аналіз гніздування та внутрішньокладкової мінливості морфологічних показників яєць птахів родини *Sternidae*.

Методологія. У дослідженнях використовувався маршрутний метод. Гнізда птахів виявлялися під час безпосереднього огляду території заплавної луки. Важкодосяжні ділянки заплави обстежувалися з човна. Для оцінки морфологічних показників яєць птахів родини *Sternidae* яйця вимірювали штангенциркулем. Вимірювали довжину (L) та діаметр яєць (B). На підставі вимірювань було визначено індекс внутрішньокладкової мінливості (i_v). За досліджуваний період виміряно 245 яєць птахів родини *Sternidae*, з них: крячка річковою – 88, крячка малого – 60, крячка білокрилого – 51 і крячка білощокого – 46 яєць.

Наукова новизна. Встановлено, що формування багатовидових колоній птахів родини *Sternidae* дозволяє ефективно використовувати сприятливі для гніздування території та забезпечує захист гнізд від хижаків для супутніх видів птахів. Найменша внутрішньокладкова мінливість досліджуваних властивостей яєць виявлена у крячків річковою та білощокого, що є показником пристосованості птахів до умов гніздування.

Висновки. Гніздування крячків білокрилого та білощокого безпосередньо залежить від рівня паводкових вод. Поступове зниження рівня паводкових вод призводить до висихання заплавної луки і неможливості будувати гнізда, оскільки ці види будують гнізда на водних рослинах або плавучих болотах.

Гніздування крячків малого та річковою лімітується біотичними факторами (хижацтво воронових птахів та інших тварин), а також антропогенними факторами, зокрема перебуванням на березі річки відпочивальників, рибалок та місцевих жителів. Це, у свою чергу, створює фактор занепокоєння для птахів.

Серед розглянутих видів птахів максимальне значення індексу внутрішньокладкової мінливості діаметру яєць встановлено у крячка білокрилого ($i_v = 4,10 \pm 0,52$). Мінімальне значення цього показника спостерігається у крячка білощокого ($i_v = 3,41 \pm 0,39$). Варто зазначити, що відмінності за цим показником у крячка річковою менш виражені, ніж у болотних крячків.

Максимальне значення індексу внутрішньокладкової мінливості довжини яєць виявлене для крячка малого ($i_v = 5,42 \pm 0,65$). Мінімальне значення цього показника встановлено для крячка річковою ($i_v = 3,90 \pm 0,44$). Для болотних крячків (білощокого та білокрилого крячків) значення показника внутрішньої мінливості довжини яйцекладки (i_v) суттєво не відрізняється.

Ключові слова: внутрішньокладкова мінливість, гніздування, крячки, яйця птахів.

Introduction

There are 5 species of terns nesting in the country: Common tern, Little tern, White-winged black tern, Black tern and Whiskered tern. White-winged black-, Black- and Whiskered tern belong to the Morwennol group, which build their nests not on sand spits, but on various plant debris in the water. These species are mainly insectivores, with a small amount of fish fry in their diet. Common tern and Little tern belong to the *Sternidae* family. Fish is of paramount importance in the diet of these species. Unlike Marsh tern, Common tern and Little tern build their nests on sand spits, on aits with thin vegetation and along the waterside.

Most terns have the status of common nesting and are widespread in river floodplains. The exception is Little tern, which has the status of a rare nesting species in the country.

Sterna hirundo (Linnaeus, 1758) – Common tern is a common nesting migratory and transit migratory species. It inhabits the entire territory of the country, but is most widespread in the floodplains of the Polesye rivers.

Sternula albifrons (Pallas, 1764) – Little tern is a rare nesting migratory species in the southern part of the country and rare in the rest of the territory. Little tern is included in Annex I of the EU Rare Birds Protection Directive, Annex II of the Bern Convention, Annex II of the Bonn Convention and is classified as SPEC 3. The species is listed in the Red Books of Lithuania, Latvia, Poland and Russia. In our country, Little tern is listed as Category II of the Red Book [5, 99–100].

Chlidonias leucopterus (Temminck, 1815) – White-winged black tern has the status of a common nesting migratory and transit migratory species.

Chlidonias hybrida (Pallas, 1811) – Whiskered tern is a nesting migratory species that has been removed from the 4th edition of the country's Red Book. The population is gradually increasing, with fluctuations observed depending on the duration of spring floods in large river basins. The current abundance of Whiskered tern is of the least concern [1; 3; 4].

One of the forms of individual variability of birds of the *Sternidae* family is their intra-cladding

variability, which makes it possible to assess the state of the species population. The intraspecific variability of the oomorphological parameters of birds is relatively small and is largely due to hereditary differences between individual females. To some extent, the variability of eggs is influenced by environmental factors. It has been shown that with the decline of nesting conditions, the intra-laying variability of bird eggs increases [8, 209–214]. For this purpose, intra-laying variability of eggs of terns co-nesting in a floodplain meadow was studied.

Study area

The research was carried out in the floodplain meadow of the Pripyat River on the territory of the Turovsky Lug – a Biological Reserve of local importance, located in the vicinity of Turov city (Gomel region, 52.04 N 27.44 E). The characteristic features of this region are large fluctuations in the Pripyat River water level in different years and seasons (Figure 1).



Fig. 1. Turovsky Lug – a Biological Reserve of local importance

Turovsky Lug is a Biological Reserve that was established in 2008 to protect the unique ecosystem of vast floodplain meadows along the banks of the Pripyat River and has the international status of an Important Bird Area (IBA). It is one of Europe's largest nesting and staging areas for waterbirds during migration.

Material and methods

To assess the intra-variability of eggs laying of morphological parameters, full clutches consisting of 3–4 eggs were considered. Over the study period were examined 65 full clutches (245 eggs) of birds of the *Sternidae* family, of which Common tern had 29 clutches (88 eggs), Little tern – 20 clutches (60 eggs), White-winged black tern – 17 clutches (51 eggs) and 15 clutches (46 eggs) had Whiskered tern. One clutch of 4 eggs was found in Common tern and Whiskered tern nests. Observations of birds of

the *Sternidae* family have been carried out in the region annually during the spring-summer period since 2006. Data from 2006 were used to estimate the intra-variability of eggs laying, since it was this year that 4 out of 5 species of terns were observed nesting on the territory of the floodplain meadow. In later years, there were isolated nests of Marsh tern, which did not allow collecting sufficient material for processing.

Based on the measurements taken from the eggs, linear dimensions were determined: length (L) and largest diameter (B). To calculate the index of intra-variability of eggs laying (i_v) the method proposed by Melnikov M. V. [7, 70–79] was applied.

Results and Discussion

The morpho-biological characteristics of birds of the *Sternidae* family have historically developed under the simultaneous influence of

the aquatic environment in which birds procure food and the terrestrial environment with which they are associated in their reproduction. The heterogeneity of these environments determined different directions in the development of adaptability to each of them [6, 49–50].

Colonies of Common tern, Little tern, White-winged black tern and Whiskered tern were found in the study area. It should be noted that these species are not isolated from each other, but form joint colonies. Therefore, White-winged black- and Whiskered tern nested together in a more watered area of a floodplain meadow. Common tern and Little tern form a polyspecies colony together with Black-headed gull (*Larus ridibundus*). The periphery of this colony was occupied by Common tern (*Sterna hirundo*) and, in small numbers, by Little tern (*Sternula albifrons*). The Black-headed gull (*Larus ridibundus*) was located in the central part of the colony. Other bird species such as waders (*Limosa limosa*, *Vanellus vanellus*, *Tringa totanus*) and ducks (*Anas platyrhynchos*) have also nested in and around this colony. Their breeding in the direct neighborhood to Black-headed gull nests is most likely due to the fact that it occurs at a time when gulls already have baby birds in their nests and gull aggressiveness is at its highest, thus providing other species with protection from predatory birds.

Our observations have shown that the nesting of terns, as well as their numbers in the floodplain meadow area depend on biotic, abiotic and anthropogenic environmental factors. In particular, the nesting of White-winged black- and Whiskered tern is directly dependent on floodwater level. A gradual

decrease in the level of floodwaters leads to the drying up of the floodplain meadow and the impossibility of building nests, since these species build nests on aquatic plants or floating bogs.

Nesting of Little and Common tern is limited by biotic factors, such as predation by *Corvidae* birds and other animals, as well as anthropogenic factors – people resting on the shore, fishermen and locals visiting the meadow, which in turn creates a disturbance factor for the birds.

In addition, the overgrowth of floodplain meadows with trees and shrubs has a significant impact on nesting of birds of the *Sternidae* family with the consequence that many species lose their nesting territories. The main reason for this is the cessation of haying and grazing of farm animals.

Intraspecies variability in morphological parameters of birds is relatively low and in a substantial way due to hereditary differences between individual females. To some extent, egg variability is influenced by environmental factors such as weather and related feeding conditions, age structure of the population, egg-laying time, biotopic differences and specific nesting year.

Among the bird species considered, the maximum value of the index of intra-variability of eggs laying in egg diameter (i_v) was found for White-winged black tern ($i_v = 4.10 \pm 0.52$). The minimum value of this index is observed in Whiskered tern ($i_v = 3.41 \pm 0.39$). It should be noted that differences in this index among Common tern are less pronounced than among Marsh tern (Table 1).

Table 1

**Intra-variability of eggs laying in morphological parameters of birds
of the *Sternidae* family**

Type	i_v	
	length (<i>L</i>)	Diameter (<i>B</i>)
White-winged black tern (<i>Chlidonias leucopterus</i>)	5.12 ± 0.80	4.10 ± 0.52
Whiskered tern (<i>Chlidonias hybrida</i>)	5.08 ± 0.73	3.41 ± 0.39
Common tern (<i>Sterna hirundo</i>)	3.90 ± 0.44	3.66 ± 0.33
Little tern (<i>Sternula albifrons</i>)	5.42 ± 0.65	3.51 ± 0.67

In addition, the differences in this index between the Whiskered tern and Common tern are also less pronounced. According to literature data [2, 100–117], fish and amphibians are more important in the diet of Whiskered tern, which in this aspect brings this species closer to Common tern. Among Marsh tern, Whiskered

tern has a larger size and it is pantophagous. Consequently, Whiskered tern has similar features to Common tern, in particular its appearance and food. Comparing the morphometric parameters of the eggs of four species of this family, the similarity of Whiskered tern and Little tern was revealed (Figure 2).

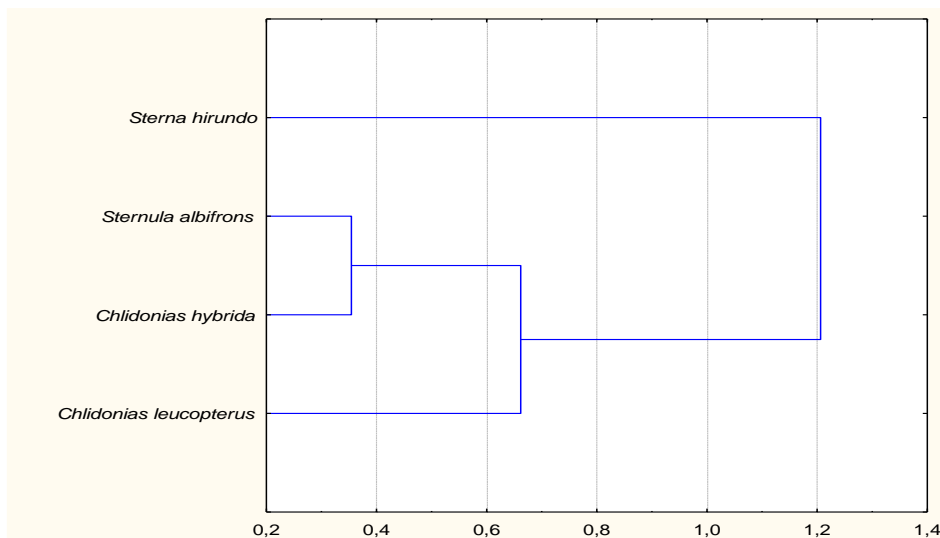


Fig. 2. The similarity of the egg parameters of Marsh and Common tern

Analyzing the variability in egg length within a clutch, the maximum value of the index of intra-variability of eggs laying (i_v) was found for Little Tern ($i_v = 5.42 \pm 0.65$). The minimum value of this indicator was found in Common tern ($i_v = 3.90 \pm 0.44$). For Marsh tern (Whiskered and White-winged black tern), the value of the index of intra-variability of eggs laying length (i_v) does not differ significantly. Among the two groups of terns under consideration, differences in the index of intra-variability of eggs laying length in Common tern are more pronounced than in Marsh tern.

Conclusions

Thus, the formation of multi-species colonies of birds of the *Sternidae* family makes it possible to qualitatively use territories favorable for nesting and provides protection of nests from raptors to accompanying bird species. Nesting of terns in the floodplain meadow depends on abiotic, biotic and

anthropogenic factors. Among the most important factors, it should be noted the water level in the Pripyat River, predation by corvids, as well as human disturbance.

It has also been established that the formation of polyspecies colonies of birds of the *Sternidae* family allows the qualitative use of favorable nesting areas and provides protection of nests from predatory birds by accompanying bird species.

The greatest intra-laying variability of the oomorphological parameters of birds of the *Sternidae* family is characterized by the length of the eggs, and the smallest is the diameter. Among the studied parameters, egg diameter is a stable feature compared to its length.

Among the birds of the *Sternidae* family, the lowest intra-laying variability of the studied egg parameters is characteristic of the common and barnacle terns. The variability of egg parameters is an indicator of the adaptability of birds to nesting conditions.

References

1. BirdLife International. (2015). *European Red List of Birds*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.
2. Borodulina, T. L. (1953) K biologii bolotnyih krachek [To the biology of marsh terns] *Raboty po morfologii i ekologii ptits i mlekopitayuschih* [Works on the morphology and ecology of birds and mammals], 9, 100–117. Бородулина Т.Л. К биологии болотных крачек. *Работы по морфологии и экологии птиц и млекопитающих*. Москва, 1953. Вып. 9. С. 100–117
3. Burfield, I. J., & Bommel, F. (Eds.). (2004). *Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status*. BirdLife Conservation Series (Vol. 12). BirdLife International.
4. Ieronymidou, Ch., Pople, R., Burfield, I., & Ramírez, I. (2016). The European Red List of Birds 2015. *Bird Census News*, 28. 3–19. <https://www.researchgate.net/publication/298789814>
5. Kachanovskiy, I. M., Nikiforov, M. E. & Parfenov, V. I. (Eds.). (2015). *Krasnaya kniga Respubliki Belarus. Zhivotnyie: redkie i nabodaschiesya pod ugrozoyu ischeznoventiya vidyi dikih zhivotnyih* [Red Book of the Republic of Belarus. Animals: rare and endangered species of wild animals]. Belarus. Entsykl. imya P. Brovki. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редкол.: И.М. Качановский (предс.), М.Е. Никифоров, В.И. Парфенов. Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі. 2015. 320 с.
6. Klimenko, M. I. (1960, iyul 28–avgust 2). *O vozniknovenii i razvitiu kolonialnosti u chaykovyih* [On the origin and development of coloniality in gulls] [Abstracts]. Chetvertaya Pribaltiyskoy ornitologicheskoy konf. – Fourth Baltic Ornithological Conf., Riga, Latvia. Клименко М.И. О возникновении и развитии колониальности у чайковых. Тезисы докл. четвертой Прибалтийской орнитологической конф., г. Рига, 28 июл. – 2 авг. 1960 г. Рига, 1960. С. 49–50.
7. Melnikov, M. V. (2003, oktyabr 24–26). *Mezh- i vnutrikladkovaya izmenchivost oomorfologicheskikh pokazateley chaykovyih ptits* [Inter- and intra-laying variability of oomorphological parameters of gull birds] [Abstracts]. Aktualnyie problemy oologii: materialyi III mezhdunar. konf. stran SNG – Actual Problems of Oology: Proceedings of the III Intern. conf. CIS countries, Lipetsk, Russia. Мельников М.В. Меж- и внутрикладковая изменчивость ооморфологических показателей чайковых птиц. *Актуальные проблемы оологии: материалы III междунар. конф. стран СНГ*, г. Липецк, 24–26 окт. 2003 г. Липецк, 2003. С. 70–79.
8. Vengerov, P. D. (1996). Oomorfologicheskie pokazateli ptits v sisteme biologicheskogo monitoring [Oomorphological indicators of birds in the system of biological monitoring]. *Ekologiya – Ecology*, 3, 209–214. Венгеров П.Д. Ооморфологические показатели птиц в системе биологического мониторинга. *Экология*. 1996. 3. С. 209–214.

Received: 22.12.2022. Accepted: 27.01.2023. Published: 06.03.2023.

Cite this article in APA Style as:

Nazarchuk, O., (2022). Nesting peculiarities and interlay variability of the *Sternidae* family birds' eggs in the Pripyat river middle stretch floodplan. *BHT: Biota. Human. Technology*, 3, 20–25. (in English)

Information about the author:

Nazarchuk O. [in Ukrainian: Назарчук О.] teacher, e-mail: nazarchuk_olga@tut.by

ORCID: 0000-0002-0838-0007

Department of Biological and Chemical Education, Mozyr State Pedagogical University named after I.P. Shamyakin
28 Studencheskaya Street, Mozyr, Gomel region, 247760, Republic of Belarus

UDC 595.132:556.5(477.51)

Тетяна Жиліна, Валентина Шевченко

ФАУНА ГРУНТОВИХ НЕМАТОД ПРИБЕРЕЖНИХ СМУГ
РІЧОК ЧЕРНІГІВСЬКОГО ПОЛІССЯ

Tetiana Zhylina, Valentyna Shevchenko

FAUNA OF SOIL NEMATODES OF RIVER BANKS IN CHERNIHIV Polesia

DOI: 10.58407/bht.3.22.3

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Жиліна Т., Шевченко В., 2022

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Одержати відомості про таксономічну структуру угруповань ґрунтових нематод прибережних смуг річок Чернігівського Полісся.

Методологія. Зразки ґрунту відбирали у 5 лучних екосистемах, які розташовані у прибережних смугах річок Ревна, Снов, Свишень, Десна та Дніпро у червні та липні 2014 року. Виділення нематод проводили лійковим методом Бермана з наважки 20 г. Експозиція становила 48 год., після чого нематод фіксували ТАФом (триетаноламін+формалін+вода у співвідношенні 2:7:91). Виготовляли тимчасові водно-гліцеринові мікропрепарати. Перерахунок чисельності здійснювали на 100 г абсолютно сухого субстрату. Розраховували частку участі кожного виду у складі фауни (домінування, D), як відношення (%) кількості особин цього виду до загальної кількості нематод та коефіцієнт трапляння (F), як відношення, у %, кількості зразків, в яких вид виявлений, до загальної кількості зразків.

Наукова новизна. Вперше вивчена фауна ґрунтових нематод прибережних смуг річок Чернігівського Полісся, проведений її таксономічний аналіз. Зареєстровано 59 видів, які належать до 9 рядів, 31 родини, 48 родів. Для фауни Чернігівського Полісся виявлені нові види нематод, а саме: *Hirschmaniella gracilis* та *Bastiania* sp.

Висновки. Середня щільність нематод в угрупованнях ґрунтових нематод прибережних смуг річок становила 672 особини/100 г. Виявлені 59 видів належать до 9 рядів: *Enoplida*, *Triplonchida*, *Dorylaimida*, *Mononchida*, *Monhysterida*, *Plectida*, *Rhabditida*, *Aphelenchida* та *Tylenchida*. За видовим багатством та чисельністю домінують три ряди: *Tylenchida*, *Dorylaimida* та *Rhabditida*, в яких кількість зареєстрованих видів разом складає 37 або 62,6 %, а чисельність їхніх представників в угрупованнях становить 87,9 % від загальної. Більш різноманітними виявилися родини *Plectidae* та *Cephalobidae* (по 7 видів або 11,9 % від загальної кількості видів), більш чисельними були *Tylenchidae* та *Cephalobidae* (24,7 % та 17,3 % від загальної чисельності, відповідно). У ґрунтових пробах прибережних смуг річок найбільш часто траплялися та були більш чисельними в угрупованнях нематод *Aglenchus agricola* та *Acrobeloides bütschlii*.

Ключові слова: ґрунтові нематоди, таксономічна структура, домінування, частота трапляння, прибережна смуга.

ABSTRACT

Purpose of the work. To obtain information about the taxonomic structure of soil nematode communities of the river banks in Chernihiv Polesia.

Methodology. Soil samples were collected from June to July 2014 of river banks along rivers Revna, Snov, Svysnen, Desna and Dnipro in 5 meadow ecosystems. Nematodes were extracted by a modified Baermann's method from the 20 g sample. The exposition time was 48 h. Extracted nematodes were fixed in the triethanolamine-formalin (TAF, 2 % triethanolamine, 7 % formaldehyde solution, 91 % water), and mounted on the temporary hydroglyceric slides. Nematode abundance was expressed as specimens per 100 g of dry substrate. For every species we calculated dominance (individual domination, D) determines the percentage of specimens of a given species to the total number of nematodes and the frequency of occurrence (F) as the ratio of the number of samples in which the species was found to the total number of samples (in %).

Scientific novelty. The soil nematode fauna of the river banks in Chernihiv Polesia and its taxonomic analysis were studied for the first time. A total of 59 species belonging to 48 genera, 31 families and 9 orders were identified. The species *Hirschmaniella gracilis* and *Bastiania* sp. are new for the fauna of the Chernihiv Polissya.

Conclusions. The average density of nematodes in the soil nematode communities was 672 individuals/100 g. The identified 59 species of nematodes belonging to nine orders: *Enoplida*, *Triplonchida*, *Dorylaimida*, *Mononchida*, *Monhysterida*, *Plectida*, *Rhabditida*, *Aphelenchida* and *Tylenchida*. Three orders *Tylenchida*, *Dorylaimida*, and *Rhabditida* dominate in terms of species richness and abundance. The number of identified species together is 37 or 62.6 %, and the number representatives in those orders is 87.9 % of the total. The families *Plectidae* and *Cephalobidae* are more diverse (7 species for each or 11.9% of the species composition), *Tylenchidae* and *Cephalobidae* are more numerous (24.7 % and 17.3 %, of the total number, respectively). *Aglenchus agricola* and *Acrobelooides bütschlii* were most numerous and most common in the soil samples of the river banks.

Key words: soil nematodes, taxonomic structure, dominance, frequency of occurrence, river banks

Постановка проблеми

Актуальність роботи. Ґрунтові нематоди невід'ємний компонент зоокомплексу будь-якого біоценозу. За чисельністю та біомасою вони займають друге або третє місце серед безхребетних тварин ґрунту. Ця група організмів виконує суттєві біогенетичні функції. Паразитичні нематоди (фітогельмінти) негативно впливають на ріст і розвиток рослин, вільноіснуючі види приймаючи участь у деструкції органічної речовини та утворенні гумусових речовин, регулюють чисельність ґрунтової мікрофлори і мікрофауни, нарешті слугують об'єктом живлення для організмів вищого трофічного рівня [11].

Традиційно краще вивчені ґрунтові нематоди агроценозів, тоді як нематодофауна природних біогеоценозів досліджена ще недостатньо. Останнім часом доведено, що нематоди зручний інструмент для біологічної оцінки стану ґрунтів і можуть бути використані як біоіндикатори [1; 2; 10]. У різних країнах світу зараз збільшується кількість інформації про структури угруповань фітонематод лісових та лучних біоценозів, зокрема такі дослідження проводилися і на Чернігівському Поліссі [12]. Специфічними біогеоценозами є прибережні смуги річок та озер, які виконують роль резерватів біорізноманіття навколоводного рослинного і тваринного світу, зберігаючи природний стан заплавної ландшафтів. На сьогодні спостерігається порушення режиму цих ценозів через будівництво різного роду споруд (в тому числі і несанкціонованого), розорювання, випас і перевипас худоби, влаштування несанкціонованих сміттєзвалищ. Є лише окремі публікації, які присвячені вивченню нематодофауни ґрунтів прибережних смуг річок [6]. Інформація про фауну ґрунтових нематод прибережних смуг річок Чернігівського Полісся відсутня.

Мета дослідження одержати відомості про таксономічну структуру угруповань ґрунто-

вих нематод прибережних смуг малих та великих річок Чернігівського Полісся. Отримані дані можуть бути використані для екологічної оцінки стану біогеоценозів та рівня впливу на них антропогенного навантаження.

Методологія

Фауністичні дослідження угруповань ґрунтових нематод проводили у червні та липні 2014 року у лучних екосистемах, розташованих у прибережних смугах малих та великих річок. Обрані пробні площі характеризувалися подібним складом рослинного покриву, де переважали осоково-злакові та осоково-злаково-бобові рослини. Щороку вони заливаються повеневими водами.

Ґрунт відбирали з п'яти пробних площ: 1 розташована у прибережній смузі малої річки Ревна (околиці села Орликівка); 2 – у прибережній смузі річки Десна (околиці села Новоселівка); 3 – у прибережній смузі річки Свишень (околиці села Кувечичі); 4 – у прибережній смузі річки Дніпро (околиці сел Новоселки та Коробки); 5 – у прибережній смузі малої річки Снов (околиці села Брусилів).

На ділянці площею 10 м² робили 10 відборів проб ґрунту (на глибину до 15 см), формували середній зразок. Виділення нематод проводили загальноновизнаним лійковим методом Бермана з наважки 20 г. Експозиція становила 48 год., після чого нематод фіксували ТАФом (триетаноламін+формалін+вода у співвідношенні 2:7:91). Тимчасові мікропрепарати виготовляли за методикою Кирьянної [5]. Якщо в пробі було менше 100 нематод, всіх особин переносили на предметне скло в краплю водногліцеринової суміші з синькою. Якщо нематод у пробі було більше 100, для визначення відбирали підряд 100 особин, інших перераховували. Визначення видового складу нематод проводили за допомогою вітчизняних та іноземних визначників [3; 5; 7]. Використовували мікроскоп Delta Optical

Genetic Pro. Перерахунок чисельності здійснювали на 100 г абсолютно сухого субстрату.

Для характеристики структури нематодофауни визначали частку участі кожного виду у складі фауни (D), як відношення (%) кількості особин цього виду до загальної кількості нематод. За цією ознакою нематод об'єднали у п'ять груп: еудомінанти (ed) – більше 10 % від усіх виявлених особин, домінанти (d) – 5,1-10,0 %, субдомінанти (sd) – (2,1-5,0 %), рецеденти (r) – 1,1-2,0 %, субрецеденти (sr) – менше 1,1 % [8]. Розраховували коефіцієнт трапляння (F), як відношення, в %, кількості зразків, в яких вид виявлений, до загальної кількості зразків. Відповідно до чотирьох градацій

цього коефіцієнта види, які складають фауну, поділяли на акцидентів (ad) – 1-25 % проб, акцесорів (as) – 26-49 %, констант (c) – 50-74 %, еуконстант (ec) – 75-100 % [9].

Наукова новизна. Вперше вивчено фауну ґрунтових нематод прибережних смуг річок Чернігівського Полісся та проведено її таксономічний аналіз. Виявлені нові види нематод для фауни Лівобережного Полісся, а саме: *Hirschmaniella gracilis* та *Bastiania* sp.

Результати дослідження

Всього в прибережних смугах річок Чернігівського Полісся знайдено 59 видів нематод, які належать до 9 рядів, 31 родини, 48 родів (Таблиця).

Таблиця

Таксономічна структура угруповань ґрунтових нематод прибережних смуг річок Чернігівського Полісся

№ з/п	Ряди, родини, види	M	D	F
1	2	3	4	5
<i>Enoplida</i> Filipjev, 1929				
<i>Alaimidae</i> Micoletzky, 1922				
1	<i>Alaimus primitivus</i> de Man, 1880	1, 3-5	sr	as
<i>Rhabdolaimidae</i> Chitwood, 1951				
2	<i>Rhabdolaimus terrestris</i> de Man, 1880	1, 4	sr	ad
<i>Triplonchida</i> Cobb, 1920				
<i>Prismatolaimidae</i> Micoletzky, 1922				
3	<i>Prismatolaimus intermedius</i> Bütschli, 1873	1-3, 5	sr	as
<i>Bastianiidae</i> de Coninck, 1965				
4	<i>Bastiania</i> sp.	5	sr	ad
<i>Diphterophoridae</i> Micoletzky, 1922				
5	<i>Diphterophora communis</i> de Man, 1880	1, 4, 5	sr	as
<i>Trichodoridae</i> Thorne, 1935				
6	<i>Trichodorus primitivus</i> de Man, 1880	1, 4, 5	sr	ad
<i>Dorylaimida</i> Pearse, 1942				
<i>Aporcelaimidae</i> Heyns, 1965				
7	<i>Aporcelaimellus obtusicaudatus</i> (Bastian, 1865) Heyns, 1965	1-5	sd	ec
<i>Dorylaimidae</i> de Man, 1876				
8	<i>Dorylaimus stagnalis</i> Dujardin, 1845	1-5	sr	c
9	<i>Mesodorylaimus bastiani</i> Bütschli, 1873	1, 4	sr	ad
<i>Qudsianematidae</i> Jairajpuri 1963				
10	<i>Discolaimus major</i> Thorne, 1939	1	sr	ad
11	<i>Ecumenicus monohystera</i> (de Man, 1880) Thorne, 1974	4	sr	ad

Продовження табл.

1	2	3	4	5
12	<i>Eudorylaimus centrocercus</i> de Mann, 1880	1, 5	sr	ad
13	<i>Eudorylaimus circulifera</i> Loof 1961	1	sr	ad
14	<i>Eudorylaimus</i> sp.	1, 4	sr	as
Nordiidae Jairajpuri et Sidiqqi, 1964				
15	<i>Longidorella parva</i> Thorne, 1939	1, 4	sr	ad
Tylencholaimidae Filipjev, 1934				
16	<i>Tylencholaimus mirabilis</i> (Bütschli, 1873) de Man, 1876	1, 5	sr	ad
17	<i>Tylencholaimus teres</i> Thorne, 1939	1, 4, 5	d	as
Nygolaimidae (Thorne, 1935) Heyns, 1968				
18	<i>Nygolaimus</i> sp.	5	sr	ad
Longidoridae Thorne, 1935				
19	<i>Longidorus elongatus</i> de Man, 1876 Thorne et Swanger, 1936	1	sr	ad
20	<i>Xiphinema index</i> Thorne and Allen, 1950	5	sr	ad
Mononchida Jairajpuri, 1969				
Mononchidae Chitwood, 1937				
21	<i>Clarcus papilatus</i> (Bastian, 1865) Jairajpuri, 1970	3	sr	ad
Mylonchulidae Jairajpuri, 1969				
22	<i>Mylonchulus parabrachyurus</i> (Thorne, 1924) Andrassy, 1958	2	sr	ad
Monhysterida de Coninck et Sch. Stekhoven, 1933				
Monhysteridae de Man, 1876				
23	<i>Geomonhystera villosa</i> Bütschli, 1873	1, 3	sr	ad
24	<i>Monhystrella bulbifera</i> (de Man, 1880) Steiner, 1920	4	sr	ad
Plectida Malakhov, 1982				
Plectidae Örley, 1880				
25	<i>Anaplectus granulatus</i> (Bastian, 1865) de Coninck et Sch. Stekhoven, 1933	1, 3-5	r	as
26	<i>Plectus cirratus</i> Bastian, 1865	1, 5	sr	ad
27	<i>Plectus parietinus</i> Bastian, 1865	2, 4	r	ad
28	<i>Plectus parvus</i> (Bastian, 1865) Paramonov, 1964	2-5	sr	as
29	<i>Plectus rhizophilus</i> (de Man, 1880) Paramonov, 1964	4, 5	sr	ad
30	<i>Tylocephalus auriculatus</i> (Bütschli, 1873) Anderson, 1966	1, 3, 5	sr	as
31	<i>Wilsonema auriculatum</i> (Bütschli, 1873) Cobb, 1913	4	sr	ad
Rhabditida Chitwood, 1933				
Cephalobidae Filipjev, 1934				
32	<i>Acrobeles ciliatus</i> von Linstow, 1877	1, 4, 5	r	ad
33	<i>Acrobeloides bütschlii</i> (de Man, 1884) Steiner et Buhner, 1933	2-5	d	ec
34	<i>Cephalobus persegnis</i> Bastian, 1865	1-5	r	c
35	<i>Cervoidellus cervus</i> Thorne, 1925	2, 4, 5	sr	ad
36	<i>Heterocephalobus elongatus</i> (de Man, 1880) Andrassy, 1967	4	sr	ad
37	<i>Eucephalobus mucronatus</i> (Kozłowska et Roguska-Wasilewska, 1963) Andrassy, 1967	4	sr	ad
38	<i>Eucephalobus oxyuroides</i> (de Man, 1880) Steiner, 1936	2-5	sd	as

Продовження табл.

1	2	3	4	5
<i>Panagrolaimidae</i> Thorne, 1937				
39	<i>Panagrolaimus rigidus</i> (Schneider, 1866) Thorne, 1937	1, 2, 4, 5	sd	c
<i>Mesorhabditidae</i> Andrassy, 1976				
40	<i>Mesorhabditis monhystera</i> (Bütschli, 1873) Dougherty, 1955	1-4	r	as
<i>Rhabditidae</i> Örley, 1880				
41	<i>Rhabditis</i> sp.	2-5	d	as
<i>Aphelenchida</i> Siddiqi, 1980				
<i>Aphelenchidae</i> (Fuchs, 1937) Steiner, 1949				
42	<i>Aphelenchus avenae</i> Bastian, 1965	1, 4, 5	sr	c
<i>Aphelenchoididae</i> Skarbilovich, 1947				
43	<i>Aphelenchoides bicaudatus</i> (Imamura, 1931) Filipjev et Sch. Stekhoven, 1941	4	sr	ad
44	<i>Aphelenchoides composticola</i> Franklin, 1957	1, 2, 5	r	as
45	<i>Aphelenchoides minimus</i> Meyl, 1953	4	sr	ad
46	<i>Aphelenchoides pusillus</i> (Thorne, 1920) Filipjev 1934	4	sr	ad
<i>Tylenchida</i> Thorne, 1949				
<i>Tylenchidae</i> Oerley, 1880				
47	<i>Aglenchus agricola</i> (de Man, 1921) Andrassy, 1954	1, 2, 4, 5	ed	ec
48	<i>Filenchus filiformis</i> (Bütschli, 1873) Andrassy, 1954	2, 4, 5	d	c
49	<i>Tylenchus ditissimus</i> Brzeski, 1963	1, 2, 4	r	as
50	<i>Tylenchus</i> sp.	4	sr	ad
<i>Psilenchidae</i> Paramonov, 1967				
51	<i>Psilenchus hilarulus</i> de Man, 1921	5	sr	ad
<i>Pratylenchidae</i> Thorne, 1949				
52	<i>Hirschmaniella gracilis</i> (de Man, 1880) Luc & Goodey, 1964	5	sr	ad
53	<i>Pratylenchus pratensis</i> (de Man, 1880) Filipjev, 1936	1, 3, 5	d	ad
<i>Paratylenchidae</i> Thorne, 1949				
54	<i>Gracilacus audriellus</i> Brown, 1959	2-4	sd	as
55	<i>Paratylenchus nanus</i> Cobb, 1923	3-5	sd	as
<i>Belonolaimidae</i> Whitehead, 1959				
56	<i>Tylenchorhynchus dubius</i> (Bütschli, 1873) Filipjev, 1936	1, 4	sr	as
<i>Hoplolaimidae</i> (Filipjev, 1934) Paramonov, 1953				
57	<i>Helicotylenchus dihystra</i> (Cobb, 1893) Sher, 1961	1-3, 5	sd	c
<i>Anguinidae</i> Nicoll, 1935				
58	<i>Ditylenchus</i> sp.	1, 3, 4	sr	ad
<i>Heteroderidae</i> Skarbilovich, 1947				
59	<i>Heterodera</i> sp.	4	r	ad

Примітка: М – місце знаходження: 1 – околиці села Орликівка, 2 – околиці села Новоселівка, 3 – околиці села Кувечичі, 4 – околиці сел Новоселки та Коробки, 5 – околиці села Брусилів; D – домінування: ed – еудомінанти, d – доміанти, sd – субдомінанти, r – рециденти, sr – субрециденти; F – трапляння: ec – еуконстанти, c – константи, as – акцессори, ad – акциденти.

При вивченні нематодофауни прибережних смуг річок та прибережних луків дослідники в середньому реєструють від 18 до 68 видів [4; 6].

Середня чисельність ґрунтових нематод в прибережних смугах річок Чернігівського Полісся становила 672 особини/100 г ґрунту. В досліджених місцях цей показник коливався від 1413 до 260 особин/100 г ґрунту. Lišková M. і Čerevková A. вказують [6], що чисельність нематод в ґрунті прибережних смуг річок Словачії коливалась у межах від 180 до 1241 особин/500 г ґрунту.

Зареєстровані види нематод належать до 9 рядів: *Enoplida*, *Triplonchida*, *Dorylaimida*,

Mononchida, *Monhysterida*, *Plectida*, *Rhabditida*, *Aphelenchida*, *Tylenchida*.

Ряди *Dorylaimida* та *Tylenchida* включають найбільшу кількість видів, а саме 14 видів (23,7 %) та 13 (22,0 %) відповідно (рис. 1). Ряд *Rhabditida* нараховує 10 видів (16,9 %), ряд *Plectida* – 7 видів (11,9 %), ряд *Aphelenchida* – 5 видів (8,5 %), ряд *Triplonchida* – 4 види (6,8 %). Ряди *Enoplida*, *Mononchida* та *Monhysterida* представлені двома видами (3,4 % від загальної кількості виявлених видів). Таким чином, основу фауни складають три ряди, а саме *Dorylaimida*, *Tylenchida* та *Rhabditida*, до яких належить більша кількість зареєстрованих видів, а саме 37 (62,6 %).

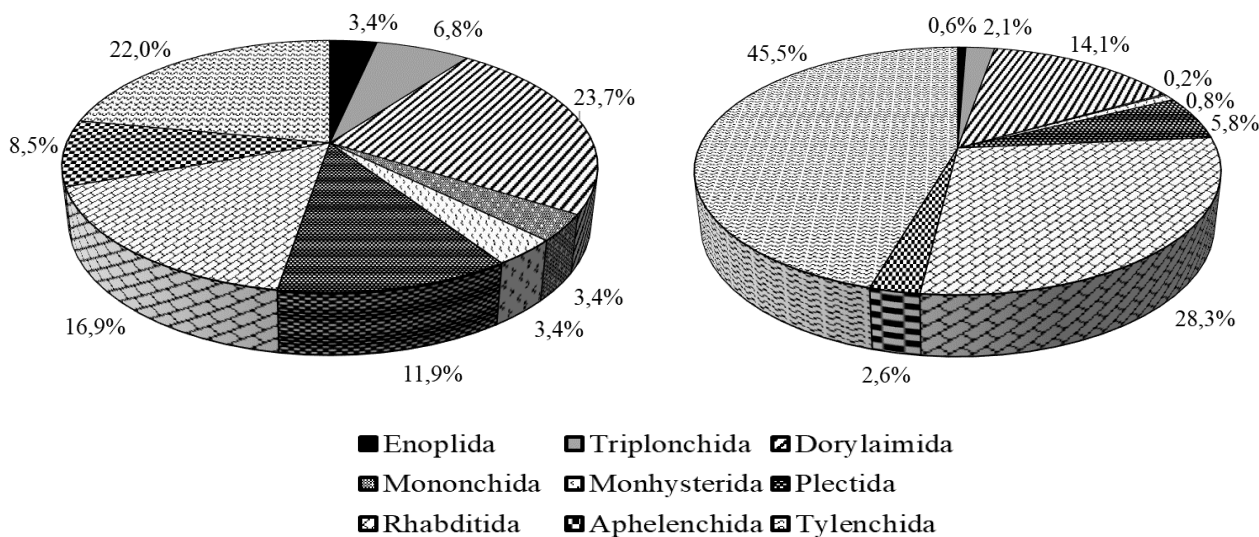


Рис. 1. Таксономічна структура угруповань ґрунтових нематод прибережних смуг річок Чернігівського Полісся: А – видове багатство, Б – частка участі

Чисельна участь кожного ряду у складі фауни подібна. За кількістю особин також переважають представники трьох рядів: *Tylenchida* (45,5 %), *Rhabditida* (28,3 %) та *Dorylaimida* (14,1 %), їхня частка участі суттєва і становить разом 87,9 %. Представництво рядів *Plectida*, *Aphelenchida* та *Triplonchida* в угрупованнях набагато нижче, а саме 5,8 %, 2,6 % та 2,1 % відповідно. Частка участі рядів *Enoplida*, *Mononchida* та *Monhysterida* не перевищує 1 %.

Отже, як за чисельністю, так і за видовим складом, переважають представники трьох рядів, а саме *Tylenchida*, *Rhabditida* та *Dorylaimida*.

До провідних родин за видовою різноманітністю належать п'ять: *Plectidae* (7 видів), *Cephalobidae* (7 видів), *Qudsianematidae* (5 видів),

Aphelenchoididae (4 види) та *Tylenchidae* (4 види) (Таблиця). Більшість родин, а саме двадцять, містять по 1 виду; шість родин – по 2 види.

Tylenchidae та *Cephalobidae* не тільки виділяється за різноманітністю, але є і найбільш чисельними і складають 24,7 % та 17,3 % відповідно (рис. 2). *Tylencholaimidae* та *Paratylenchidae* за чисельністю представників знаходяться на другому місці (8,7 % та 8,2 % відповідно), хоча представлені тільки двома видами. На третьому місці – родини *Pratylenchidae*, *Rhabditidae* та *Plectidae* з часткою участі у загальній чисельності 7,1 %, 6,2 % та 5,8 % відповідно. Дещо менша чисельність представників родин *Panagrolaimidae*, *Aporcelaimidae*, *Hoplolaimidae*, *Heteroderidae*, *Mesorhabditidae*, *Aphelenchoididae*, *Belonolaimidae* та *Aphelenchidae* (від 3,1 % до 1 %). Ще 16 родин мають представництво до 1 %.

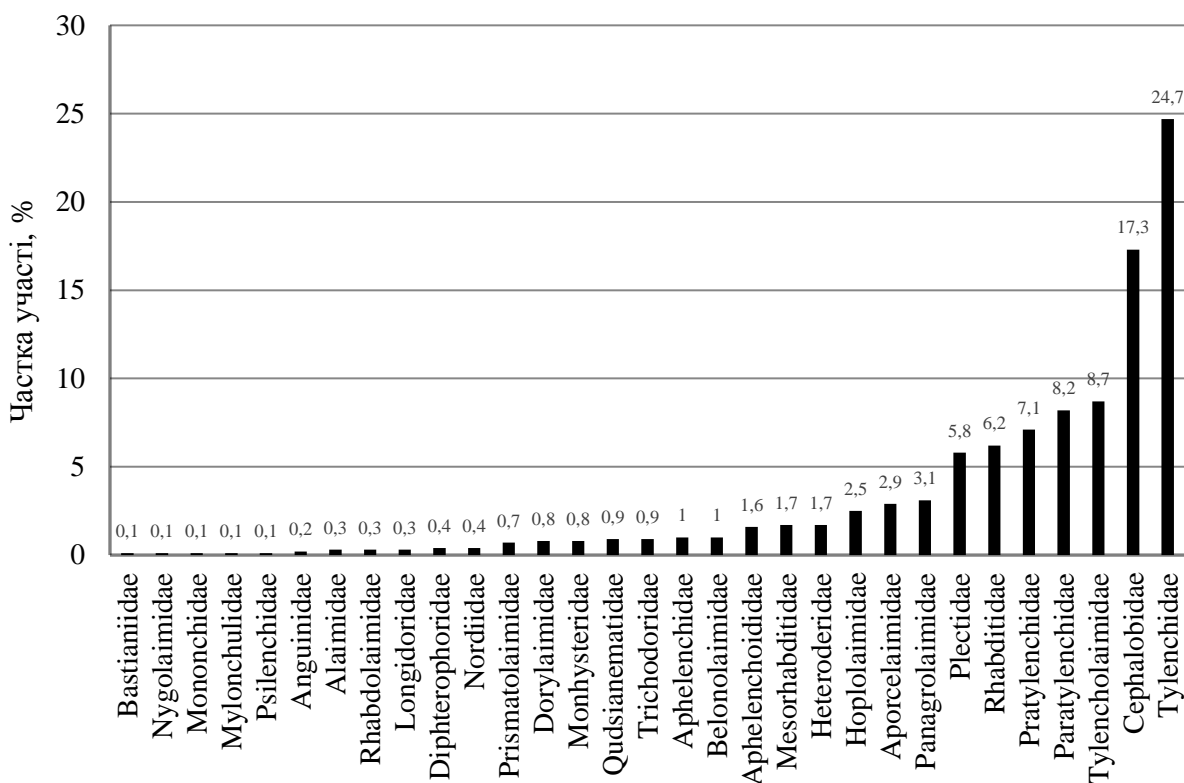


Рис. 2. Середня чисельність (%) та різноманітність родин ґрунтових нематод прибережних смуг річок Чернігівського Полісся

Отже, тільки 7 родин є достатньо чисельними у пробах ґрунту з прибережних смуг річок, які разом складають 78 %. Інші 24 родини мають незначну чисельність.

За часткою участі у складі фауни виділено п'ять груп нематод: еудомінанти, домінанти, субдомінанти, рецеденти, субре-

цеденти. За кількістю видів переважала група субреценденти – 39 (66,0 % видового списку), рецеденти нараховували вісім видів (13,6 %), субдомінанти – шість видів (10,2 %), домінанти – п'ять видів (8,5 %). Група еудомінанти представлена лише одним видом (1,7 %) (рис. 3).

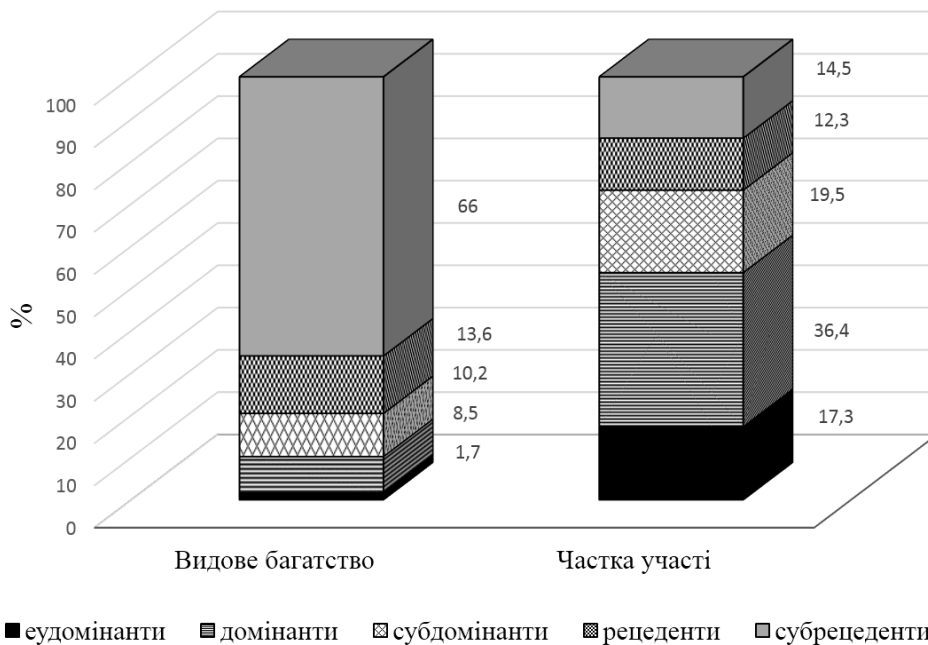


Рис. 3. Структура угруповань ґрунтових нематод прибережних смуг річок Чернігівського Полісся за домінуванням

Група домінанти виявилася найчисельнішою, в угрупованнях нематод вони склали 36,4 % загальної кількості нематод (рис. 3). До неї потрапили *Acroboloides bütschlii*, *Tylencholaimus teres*, *Pratylenchus pratensis*, *Rhabditis* sp., *Filenchus filiformis*, частки участі яких від загальної чисельності нематод становили 9,8 %, 8,2 %, 7,0 %, 6,2 % та 5,2 % відповідно (Таблиця). Другою групою за цим показником були субдомінанти (19,5 %), до якої віднесено 6 видів (*Helicotylenchus dihystrera*, *Eucephalobus oxyuroides*, *Aporcelaimellus obtusicaudatus*, *Panagrolaimus rigidus*, *Gracilacus audriellus*, *Paratylenchus nanus*) (2,5-4,9 %). В групу еудомінантів потрапив лише 1 вид *Aglenchus agricola* (17,3 % від загальної чисельності нематод). Найбільшу кількість зареєстрованих видів, а саме 39 віднесено до групи субрецентів, які разом становили

14,5 %. Найменшою чисельністю характеризується група рецентів, яка представлена 8 видами (*Acrobeles ciliatus*, *Anaplectus granulatus*, *Aphelenchoides composticola*, *Cephalobus persegnis*, *Heterodera* sp., *Mesorhabditis monhystrera*, *Plectus parietinus*, *Tylenchus ditissimus*) і складає 12,3 %.

Таким чином, в угрупованнях ґрунтових нематод досліджених екосистем за видовою різноманітністю домінує група субрецентів (66,0 %), тоді як за чисельністю переважають домінанти (36,4 %).

Аналіз трапляння окремих видів в пробах ґрунту показав, що в угрупованнях нематод прибережних смуг річок Чернігівського Полісся виявлені представники чотирьох груп: акциденти, акцесори, константи та еуконстанти (рис. 4).

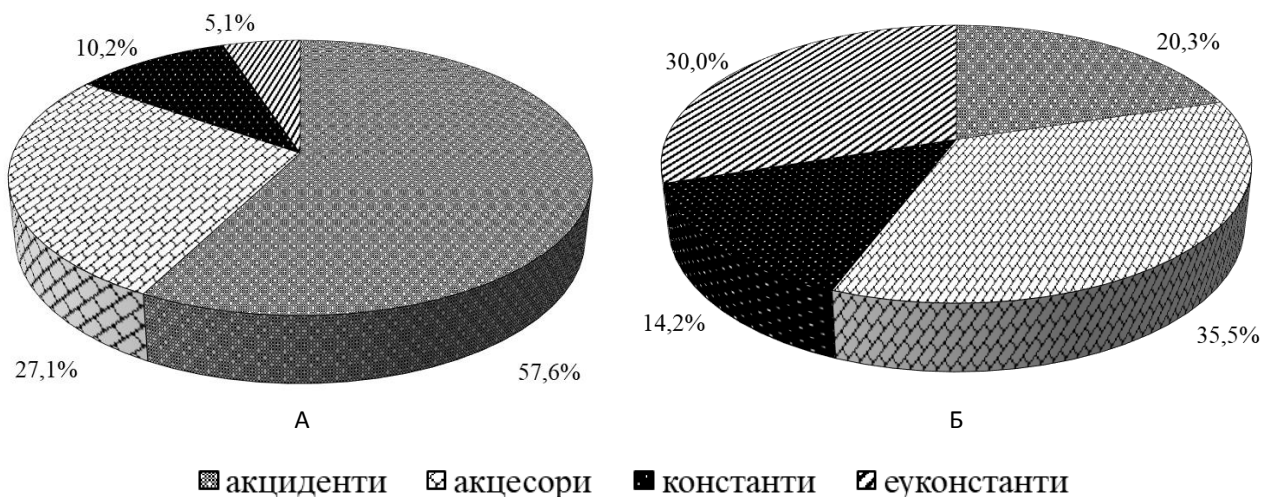


Рис. 4. Структура угруповань ґрунтових нематод прибережних смуг річок Чернігівського Полісся за траплянням: А - видове багатство, Б - частка участі

Найбільшою кількістю видів представлена група акциденти, яка включає 34 види (57,6 % видового списку) з частотою трапляння від 8,3 до 25,0 % (Таблиця). Другою групою за цим показником є акцесори – 16 видів (27,1 %) з частотою трапляння від 33,3 до 41,7 %. До групи констант віднесено 6 видів або 10,2 % (*Aphelenchus avenae*, *Cephalobus persegnis*, *Dorylaimus stagnalis*, *Filenchus filiformis*, *Helicotylenchus dihystrera*, *Panagrolaimus rigidus*), частота трапляння яких коливалася від 50,0 до 58,3 %. Група еуконстант характеризується найменшою видовою різноманітністю і представлена лише трьома видами:

Acroboloides bütschlii (75,0 %), *Aglenchus agricola* (83,3 %) та *Aporcelaimellus obtusicaudatus* (83,3 %).

Групи акцесорів та еуконстант переважали за часткою участі у складі фауни нематод, де вони займали 35,5 % та 30 % відповідно (рис. 4). На другому місці за цим показником акциденти (20,3 %). Найменшою чисельністю характеризується група константи (14,2 %).

За кількістю видів співвідношення груп ґрунтових нематод за траплянням (ад: ас: с: ес) становило 11,3:5,3:2:1, а за часткою участі у складі фауни – 1,4:2,5:1:2,1.

Висновки

1. Нематодофауна ґрунту досліджених прибережних смуг річок Чернігівського Полісся нараховує 59 видів, які належать до 9 рядів, 31 родини, 48 родів.

2. Ядро угруповань ґрунтових нематод досліджених ділянок складають три ряди: *Dorylaimida* (23,7 % від загальної кількості видів), *Tylenchida* (22,0 %), *Rhabditida* (16,9 %), до яких належить більша кількість зареєстрованих видів, а саме 37 або 62,6 %.

3. Середня щільність нематод становила 672 особини/100 г ґрунту. Суттєвою є частка участі в угрупованнях ґрунтових нематод представників трьох рядів, а саме *Tylenchida* (45,5 %), *Rhabditida* (28,3 %) та *Dorylaimida* (14,1 %), які разом складають 87,9 % від загальної чисельності.

4. В ґрунті прибережних смуг річок Чернігівського Полісся за видовою різноманітністю виділяються родини *Plectidae* та

Cephalobidae (по 11,9 % від загальної кількості видів), тоді як за чисельністю домінують родини *Tylenchidae* та *Cephalobidae* і складають 24,7 % та 17,3 % відповідно.

5. В угрупованнях ґрунтових нематод досліджених ділянок за видовою різноманітністю домінує група субрецентни (66,0 %), тоді як за чисельністю переважають домінанти (36,4 %).

6. Більшість зареєстрованих видів є представниками груп акциденти та акцесори, які разом складають 84,7 % видового списку.

7. У ґрунтових пробах досліджених прибережних смуг найчастіше траплялися три види: *Acrobeloides bűtschlii* (75,0 %), *Aglenchus agricola* (83,3 %) та *Aporcelaimellus obtusicaudatus* (83,3 %). Більш чисельними ($D > 5$ %) в угрупованнях нематод були *A. bűtschlii*, *A. agricola*, *Filenchus filiformis*, *Rhabditis* sp, *Pratylenchus pratensis* та *Tylencholaimus teres*.

References

1. Bongers, T. (1990). The maturity index, an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83, 14–19.
2. Bongers, T., & Ferris, H. (1999). Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology and Evolution*, 14, 224–228.
3. Goodey, T. (1963). Soil and freshwater nematodes. London: Methuen & Co LTD., New York: John Wiley & Sons, Inc., 1–544.
4. Háněl, L., & Čerevková, A. (2006). Diversity of soil nematodes in meadows of the White Carpathians. *Helminthologia*, 43, 2, 109–116.
5. Kiryanova, E.S., & Krall, E.L. (1969). Paraziticheskie nematody rastenij i mery bor'by s nimi [Parasitic Nematodes of Plants and Measures of their Control]. Leningrad: Nauka.
Кирыянова Е.С., Краль Э.Л. Паразитические нематоды растений и меры борьбы с ними. Л.: Наука, 1969. Т.1. 443 с.
6. Lišková, M., & Čerevková, A. (2005). Nematode communities of river banks and adjacent meadows in the Slovak Republic. *Helminthologia*, 42, 223–232.
7. Nesterov, P.I. (1979). Fitoparazytychni i vil'nozhyvuchi nematody yuho-zapadu SRSR [Plant parasitic and free-living nematodes of South-West of USSR]. Chisinau: Edit. Stiinta.
Нестеров П.И. Фитопаразитические и свободноживущие нематоды юго-запада СССР / под ред. А.А. Спасского. Кишинев: Штиинца, 1979. 314 с.
8. Tischler, W. (1949). Grundzüge der terrestrischen Tierökologie. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn, 1–219.
9. Witkowski, T. (1966). Structura zgrupowania nicieni zyjących w glebie upraw rolniczych. *Stud. Soc.sci.torun.E*, 8, 3, 53.

10. Yeates, G.W. (2003). Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biology and Fertility of soils*, 37, 199–210.
11. Yeates, G.W., Bongers, T., & De Goede, R.G.M. (1993). Feeding habits in soil nematode familie and genera – an outline for soil ecologists. *J. Nematol.*, 25 (3), 315–331.
12. Zhylina, T., & Shevchenko, V. (2014). Monitorynh pryrodno-zapovidnykh terytoriy Chernihiv-s'koho Polissya za pokaznykamy struktury ta vydovoho skladu nematodokompleksiv riznykh typiv lisu [Monitoring of the nature-reserved territories of Chernihiv Polyssia according to indicators of the structure and species composition of nematode complexes of different forest types]. *Pryrodnychy aľmanakh*, 20, 87–96.

Жиліна Т.М., Шевченко В.Л. Моніторинг природно-заповідних територій Чернігівського Полісся за показниками структури та видового складу нематодокомплексів різних типів лісу. *Збірник наукових праць Херсонського державного університету: Природничий альманах. Серія: Біологічні науки.* 2014. Вип. 20. С. 87–96.

Received: 16.01.2023. Accepted: 15.02.2023. Published: 06.03.2023.

Cite this article in APA Style as:

Жиліна, Т., Шевченко, В. (2022). Фауна ґрунтових нематод прибережних смуг річок Чернігівського Полісся [Fauna of soil nematodes of river banks in Chernihiv Polesia]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 3, 26–35. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Zhylina T. [*in Ukrainian: Жиліна Т.*] ¹, Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: zhylinat@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6614-6684 Scopus-Author ID: 57193442039

Department of Ecology and Nature Conservation, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Shevchenko V. [*in Ukrainian: Шевченко В.*] ², Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: valeosh85@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2030-1268

Department of Ecology and Nature Conservation, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation.

² Data collection, statistical analysis.



MICROBIOTA

МІКРОБІОТА



UDC 615.451.1

Halyna Tkachenko, Natalia Kurhaluk, Lyudmyla Buyun,
Oleksandr Lukash, Vitaliy Honcharenko, Andriy Prokopiv

EVALUATION OF ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF ETHANOLIC EXTRACT DERIVED
FROM LEAVES OF *FICUS CYATHISTIPULA* WARB. (*MORACEAE*)



Галина Ткаченко, Наталія Курхалюк, Людмила Буюн,
Олександр Лукаш, Віталій Гончаренко, Андрій Прокопів

ОЦІНКА АНТИМІКРОБНОЇ АКТИВНОСТІ ЕТАНОЛЬНОГО ЕКСТРАКТУ ЛИСТЯ
FICUS CYATHISTIPULA WARB. (*MORACEAE*)

DOI: 10.58407/bht.3.22.4

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Tkachenko, H., Kurhaluk, N., Buyun, L., Lukash, O., Honcharenko, V., Prokopiv, A., 2022

ABSTRACT

Purpose: We continue our investigations regarding assessing the antibacterial and antioxidant properties of extracts derived from the leaves of various plants belonging to the *Ficus* genus. In the current study, we aimed to assess the antibacterial properties of ethanolic extract prepared from leaves of *Ficus cyathistipula* Warb. against some Gram-positive and Gram-negative bacteria to evaluate the possible use of this plant in the prevention and treatment of bacterial infections caused by these bacteria.

Methodology. The leaves of *F. cyathistipula* were sampled at M.M. Gryshko National Botanic Garden (NBG, Kyiv, Ukraine) and the Botanic Garden of Ivan Franko National University in Lviv (Lviv, Ukraine). Freshly collected leaves were washed, weighed, and homogenized in 96% ethanol (in the proportion of 1:9, w/w) at room temperature. The extract was then filtered and investigated for its antimicrobial activity. The testing of the antibacterial activity of the plant extract was carried out *in vitro* by the Kirby-Bauer disc diffusion technique. Gram-negative bacteria, *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC®27853™), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC®35218™), and *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC®25922™), as well as Gram-positive bacteria *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* strain (ATCC®25923™), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* strain (ATCC®29213™) and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (NEQAS 3679™), as well as the fungus *Candida albicans* locally isolated, were used as test organisms. Zone diameters were determined and averaged. The following zone diameter criteria were used to assign susceptibility or resistance of bacteria to the phytochemicals tested: Susceptible ≥ 15 mm, Intermediate = 10–15 mm, and Resistant ≤ 10 mm.

Scientific novelty. The ethanolic extract derived from the leaves of *F. cyathistipula* exhibited varying inhibitory activities against all the test strains. More sensitive for this extract was *C. albicans* strain. *S. aureus* subsp. *aureus* strain (ATCC® 25923™), *S. aureus* subsp. *aureus* strain (ATCC® 29213™), methicillin-resistant *S. aureus* (NEQAS 3679™), *P. aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™), *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™), and *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™) strains were more resistant to *F. cyathistipula* extract. The results are encouraging enough to pursue bioactivity-guided fractionation of this extract and structure elucidation of the active phytoconstituents from the *F. cyathistipula* extract as a possible anti-bacterial agent.

Conclusions. *S. aureus* and *C. albicans* appeared to be more sensitive to the *F. cyathistipula* extract. The antibacterial activity may be associated with the presence of secondary metabolites. The results of this study provide baseline information on *F. cyathistipula* potential validity in the treatment of fungus-induced and bacterial infections, caused by *Candida albicans* and *Staphylococcus aureus*.

Key words: *Ficus cyathistipula* Warb, Gram-negative bacteria, Gram-positive bacteria, susceptibility or resistance of bacteria, Kirby-Bauer disc diffusion technique

АНОТАЦІЯ

Мета: Ми продовжуємо наші дослідження щодо оцінки антибактеріальних та антиоксидантних властивостей екстрактів, отриманих з листя різних рослин, що належать до роду *Ficus*. У цьому дослідженні ми мали на меті дослідити антибактеріальні властивості спиртового екстракту, отриманого з листя *Ficus cyathistipula* Warb. щодо деяких грампозитивних і грамнегативних бактерій, щоб оцінити можливе використання цієї рослини для профілактики та лікування бактеріальних інфекцій, викликаних цими бактеріями.

Методологія. Зразки листя *F. cyathistipula* відбирали для досліджень у Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка (НБС, Київ, Україна) та Ботанічному саду Львівського національного університету імені Івана Франка (Львів, Україна). Свіжозібране листя промивали, зважували та гомогенізували в 96% етанолі (у пропорції 1:9, мас./мас.) при кімнатній температурі. Потім екстракт фільтрували та досліджували його антимікробну активність. Тестування антибактеріальної активності рослинного екстракту проводили *in vitro* методом дискової дифузії Кірбі-Бауера. Грамнегативні бактерії, *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC®27853™), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC®35218™) і *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC®25922™), а також грампозитивні бактерії *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC®25923™), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC®29213™) і метицилін-резистентний *Staphylococcus aureus* (NEQAS 3679™), а також локально виділений гриб *Candida albicans* використовували як тест-організми. Визначали та усереднювали діаметри зон інгібування росту бактерій. Наступні критерії діаметра зон інгібування використовувалися для визначення чутливості або резистентності бактерій до досліджуваних фітохімічних речовин: чутливі ≥ 15 мм, проміжні = 10–15 мм і стійкі ≤ 10 мм.

Наукова новизна. Етанольний екстракт, отриманий з листя *F. cyathistipula*, виявляв різну інгібуючу дію щодо всіх досліджуваних штамів. Більш чутливим до цього екстракту виявився штам *C. albicans*. Штами *S. aureus* subsp. *aureus* (ATCC®25923™), *S. aureus* subsp. *aureus* (ATCC®29213™), метицилін-резистентний *S. aureus* (NEQAS 3679™), *P. aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC®27853™), *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC®25922™) і *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC®35218™) були більш стійкими до екстракту *F. cyathistipula*. Результати є досить обнадійливими, щоб продовжити фракціонування цього екстракту, кероване біоактивністю, і з'ясувати структуру активних фітокомпонентів екстракту *F. cyathistipula* як можливого антибактеріального агента.

Висновки. Штами *S. aureus* і *C. albicans* виявилися більш чутливими до екстракту *F. cyathistipula*. Антибактеріальна активність цього екстракту може бути пов'язана з наявністю вторинних метаболітів *F. cyathistipula*. Результати цього дослідження надають базову інформацію про потенційну роль *F. cyathistipula* в лікуванні інфекцій індукованих грибками *Candida albicans* та бактеріальних інфекцій, спричинених *Staphylococcus aureus*.

Ключові слова: *Ficus cyathistipula* Warb, грамнегативні бактерії, грампозитивні бактерії, чутливість або резистентність бактерій, методика дискової дифузії Кірбі-Бауера.

Introduction

Among 37 genera of Moraceae comprising 1050-1100 species in total, *Ficus* L. is the largest one with ca 750 species of tropical and subtropical distribution worldwide. Its characteristic features include the presence of waxy glands on vegetative plant parts, heterostyly, and prolonged protogyny, i.e., the anthesis of staminate flowers in already mature fruits. These features are functionally linked to the unique pollination mode in *Ficus*, which involves mutualistic relationships with agaonid wasps (order *Hymenoptera*) and has attracted much research interest over the last two centuries [9, 5]. In the review by Y. Shi and co-workers [37], it was noted that *Ficus* is a large genus of flowering plants with wide distribution in tropical and semi-tropical temperate zones. Plants in this genus have occupied many ecological niches and can be deciduous or evergreen trees, shrubs, herbs, climbers or creepers, and life forms can be free-standing trees, epiphytes or semi-epiphytes in crevices, rheophytes or lithophytes [37].

Ficus trees have widely been used by humans over their history in a variety of industries and fields of activity. Virtually all parts of their body are utilized by local people in various medicinal practices to cure wounds, sores, stomach and eye problems, headaches and toothaches, and even tumours and cancer, etc. A number of species are known helpful in healing disorders of digestive and respiratory systems, parasitic infections, and also as painkillers, tonics, and ecobolics [24].

Ficus species have been used in Indian ayurvedic and African traditional medicine [1, 20, 11]. Over the past decades, the medicinal properties of the genus *Ficus* have been extensively investigated through both ethnobotanical field surveys and pharmacological studies [37]. Many *Ficus* species have been used in traditional medicine in the treatment of a variety of ailments and diseases such as convulsive disorder [7], wound healing [30], gonorrhoea [11], tuberculosis [3], diabetes [12], diarrheal infections [18], dysentery [36], malaria [8] and HIV [17]. These plants possess antioxidant [29], anti-diabetes and anti-hyper-

glycemic [27], antibacterial [28], antifungal [43], antiviral [13], anti-protozoal [8], anticancer [25], cytotoxic [32], anti-ulcer [16], anti-inflammatory [26], anti-diarrhea [18], hepatoprotective [34], muco-protective and gastro-protective activities [35]. These plants to be rich sources of flavonoids, lignans, terpenoids, alkaloids, coumarins steroids, and ceramides [3, 10].

Antimicrobial resistance is the phenomenon causing a challenge in new drug development through conventional methods. Therefore, the requirement of alternative medicine, such as phytotherapy, is in high demand [15]. Several developing countries use medicinal plants as a first medicinal response to certain diseases including bacterial infection diseases [19]. There were reports showing that medicinal plants have antibacterial activity against some pathogenic and opportunistic bacteria [38]. The knowledge of traditional medicines hidden and lost should be researched and the loss of natural resources used as traditional medicines should be prevented [19].

We continue our investigations regarding assessing the antibacterial and antioxidant properties of extracts derived from the leaves of various plants belonging to the *Ficus* genus. In the current study, we aimed to assess the antibacterial properties of ethanolic extract prepared from leaves of *Ficus cyathistipula* Warb. against some Gram-positive and Gram-negative bacteria to evaluate the possible use of this plant in the prevention and treatment of bacterial infections caused by these bacteria. A study of *Ficus* species focusing on antibacterial aspects may provide an understanding of a wider range of health benefits of the genus *Ficus*.

Ficus cyathistipula Warb. is a monoecious evergreen tree reaching up to 8 m in height, hemi-epiphytic or terrestrial, native to Africa. Its leaves are 6-20 cm long and 3-7 cm across, oblanceolate to obovate, with acuminate apex and acute to attenuate base, coriaceous and glabrous. The syconia are born solitary (or up to 3 together) in the leaf axils; they are globose to obovoid or pyriform, sessile or pedunculate, 3-5 cm in diameter, often somewhat scabrous, at maturity pale green to pale yellow [6].

Material and methods

Plant materials and Preparing Plant Extracts. The leaves of *F. cyathistipula* were sampled at M.M. Gryshko National Botanic Garden (NBG,

Kyiv, Ukraine) and the Botanic Garden of Ivan Franko National University in Lviv (Lviv, Ukraine). The whole collections of tropical and subtropical plants both at M.M. Gryshko National Botanic Garden (Kyiv, Ukraine) and Botanic Garden of Ivan Franko National University in Lviv (Lviv, Ukraine) (including *Ficus* spp. plants) have the status of a National Heritage Collection of Ukraine and are supported through State funding.

The sampled leaves of *F. cyathistipula* were brought into the laboratory at the Department of Biology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk (Poland) for antimicrobial studies. Freshly collected leaves were washed, weighed, and homogenized in 96 % ethanol (in the proportion of 1:9, w/w) at room temperature. The extract was then filtered and investigated for its antimicrobial activity. The extract was stored in the glass bottles with dark walls at 4 °C until use.

Bacterial strains. Gram-negative bacteria, *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC®27853™), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™) and *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC®25922™), as well as Gram-positive bacteria *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* strain (ATCC®25923™), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* strain (ATCC®29213™) and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (NEQAS 3679™), as well as the fungus *Candida albicans* locally isolated, were used as test organisms. *C. albicans* were differentiated from other *Candida* and *Cryptococcus* species by its ability to grow on the Levine formula of EMB agar and to produce germ tubes within 3 h, and pseudohyphae and budding cells at 18-24 h when incubated at 35 °C in 5%-10% CO₂. The addition of tetracycline to the Levine formulation aids in the selection of *C. albicans* from clinical sources that are contaminated with bacteria. Susceptibility testing of the isolate was performed by disk diffusion according to the Guidelines of Clinical and Laboratory Standard Institute (CLSI).

Evaluation of Antibacterial Activity of Plant Extracts by the Disk Diffusion Technique. Strains tested were plated on TSA medium (Tryptone Soy Agar) and incubated for 24 h at 37 °C. Then the suspension of microorganisms was suspended in sterile PBS and the turbidity was adjusted to equivalent to that of a 0.5 McFarland standard. The antimicrobial susceptibility testing was done on Muller-Hinton agar by disc diffusion method (Kirby-

Bauer disk diffusion susceptibility test protocol [4]. Muller-Hinton agar plates were inoculated with 200 µl of standardized inoculum (10⁸ CFU/mL) of the bacterium and spread with sterile swabs. Growth from freshly subcultured *C. albicans* isolates was suspended in 10 mL of sterile saline to obtain turbidity of 0.5 McFarland standard. Using a sterile swab, the Sabouraud dextrose agar plates were evenly inoculated with the *C. albicans* suspension. The plates were then incubated at 27 °C for 48 h. Each test was repeated eight times. Sterile filter paper discs impregnated by extract were applied over each of the culture plates, 15 min after bacteria suspension was placed. A control disc impregnated with sterile 96 % ethanol was used in each experiment. The disks were incubated for 24 h at 37 °C. The assessment of antimicrobial activity was based on the measurement of the diameter of the inhibition zone formed around the disks (mm). The diameters of the inhibition zones were measured in millimeters and compared with those of the control disks. The following zone diameter criteria were used

to assign susceptibility or resistance of bacteria to the phytochemicals tested: Susceptible (S) ≥ 15 mm, Intermediate (I) = 10–15 mm, and Resistant (R) ≤ 10 mm [33].

Statistical analysis. Zone diameters were determined and averaged. Statistical analysis of the data obtained was performed by employing the mean ± standard error of the mean (S.E.M.). All variables were randomized according to the phytochemical activity of the extract tested. All statistical calculation was performed on separate data from each strain. The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA) using Statistica v. 13.3 software (TIBCO Software Inc., Krakow, Poland).

Results and discussion

The antibacterial activity induced by the ethanolic extract derived from the leaves of *F. cyathistipula* estimated as diameters of growth inhibition zones of examined Gram-positive and Gram-negative strains was presented in Figures 1 and 2.

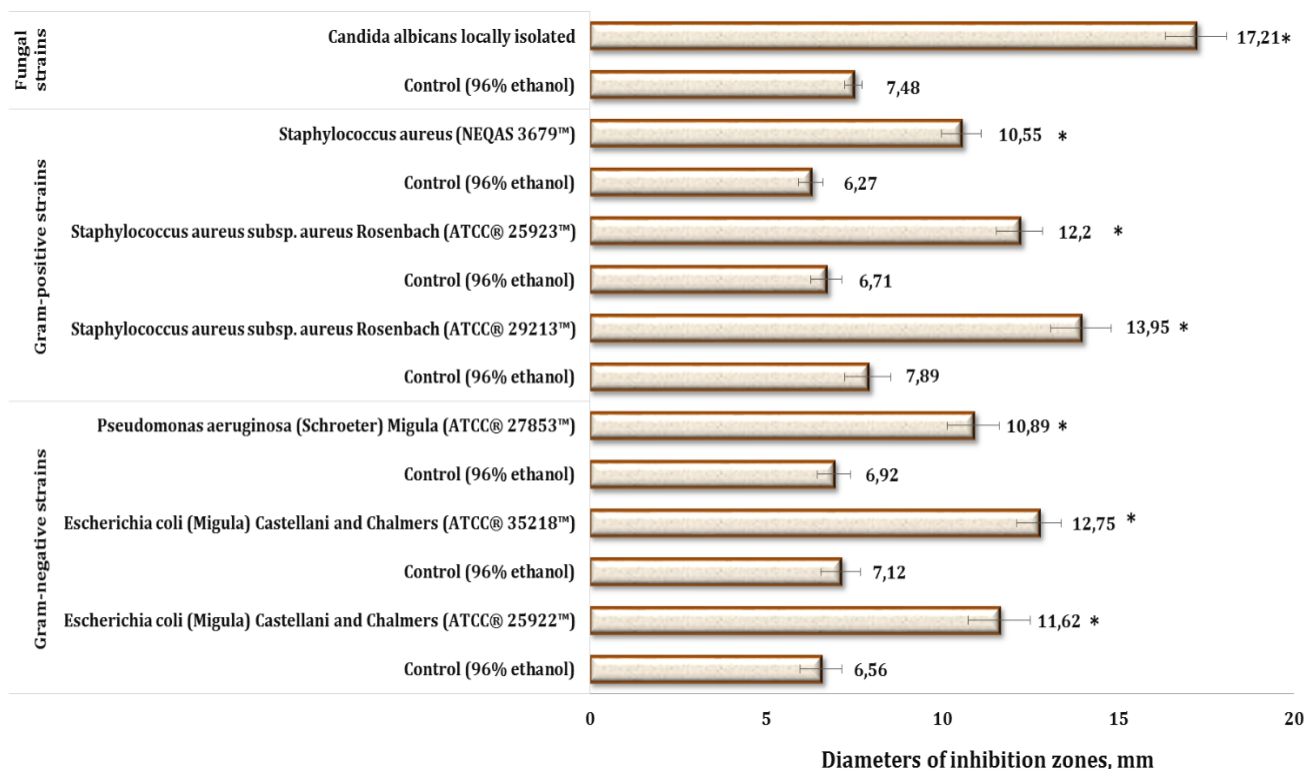


Fig. 1. The antibacterial activity of the ethanolic extract derived from the leaves of *Ficus cyathistipula* estimated as diameters of growth inhibition zones of examined Gram-positive and Gram-negative strains. The data were presented as the mean ± the standard error of the mean (S.E.M.). Note: * – significant differences between the control (96 % ethanol) and *Ficus cyathistipula* extract (p < 0.05)

Our results revealed that the ethanolic extract derived from leaves of *F. cyathistipula* possessed intermediate activity against the Gram-positive bacteria, i.e. (12.2 ± 0.65) mm inhibition zone diameter for *S. aureus* subsp. *aureus* strain (ATCC®25923™), (13.95 ± 0.86) mm inhibition zone diameter for *S. aureus* subsp. *aureus* strain (ATCC®25923™), and (10.55 ± 0.56) mm for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (NEQAS 3679™) compared to the 96 % ethanol – (6.71 ± 0.44) mm, (7.89 ± 0.65) mm, and (6.27 ± 0.35) mm, respectively. Also, the ethanolic extract derived from leaves of *F. cyathistipula* possessed mild activity against the Gram-negative bacteria, i.e. (11.62 ± 0.88) mm for *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC®25922™), (12.75 ± 0.64) mm for *E. coli*

(Migula) Castellani and Chalmers (ATCC®35218™), and (10.89 ± 0.74) mm for *P. aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC®27853™) compared to the ethanolic controls 6.56 ± 0.59 mm and 6.92 ± 0.47 mm, respectively). The ethanolic extract derived from leaves of *F. cyathistipula* possessed significant antifungal activity against *C. albicans* strain (17.21 ± 0.87 mm for *C. albicans* compared to the controls 7.48 ± 0.24 mm). Thus, *S. aureus* and *C. albicans* appeared to be more sensitive to the *F. cyathistipula* extract.

Detailed photos regarding the zones of inhibition induced by the *F. cyathistipula* extract against Gram-positive and Gram-negative bacterial strains were recorded and presented in Figure 2.

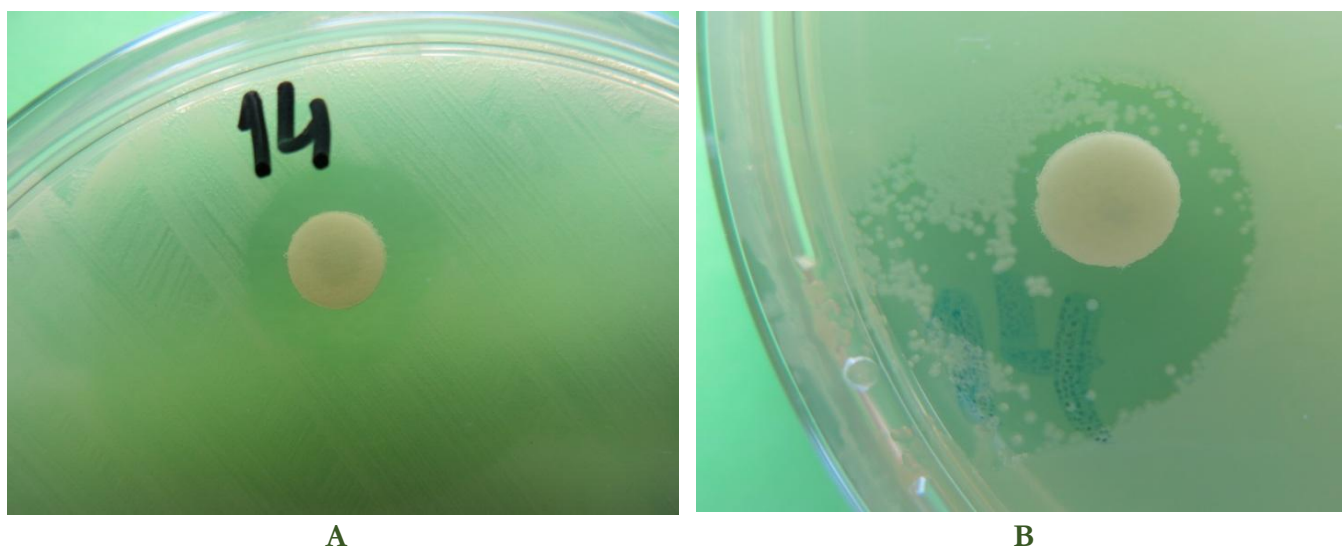


Fig. 2. Inhibition growth zones induced by the *F. cyathistipula* extract against *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC®25922™) (A) and *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™) (B)

This study is part of a continued investigation of the antibacterial properties of some species belonging to the *Ficus* genus. In our previous study [41], *in vitro* antimicrobial activity of ethanolic extract prepared from *F. benghalensis* L. leaves against both Gram-positive (*Staphylococcus aureus*, methicillin-resistant *S. aureus* locally isolated, and *Streptococcus pneumoniae*) and Gram-negative bacterial strains (*Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Escherichia coli*), as well as fungus *Candida albicans*, were demonstrated to evaluate the possible use of this plant in preventing

infections. The ethanolic extract derived from leaves of *F. benghalensis* showed moderate antibacterial activity against *S. aureus*, *E. coli*, and *Pseudomonas aeruginosa*, while no significant antibacterial activity against *Klebsiella pneumoniae* and *Streptococcus pneumoniae*, methicillin-resistant *S. aureus*, and *Candida albicans* were demonstrated. Among the tested microbial strains, bacteria were found to be more sensitive to many of the test agents than fungi. This trend is not unusual because the plant extracts often displayed better bactericide than fungicide activities. For

example, this tendency was revealed for crude plant extracts, derived from the aerial parts of 25 plants belonging to four plant families (*Asteraceae*, *Euphorbiaceae*, *Rubiaceae*, and *Solanaceae*) [31]. Moreover, the antibacterial activity was more pronounced in the Gram-positive bacteria (*S. aureus*) than the Gram-negative bacteria (*E. coli* and *P. aeruginosa*). The pronounced antibacterial activities of this extract could be a result of the plant's secondary metabolites (carbohydrates, reducing sugars, sterols, glycosides, phenolic compounds, tannins, saponins, flavonoids, etc.). Therefore, *F. benghalensis* has great medicinal potential for the therapy of infections induced by Gram-positive and Gram-negative bacteria and may be used as a natural antiseptic and antimicrobial agent in medicine [31]. Considering the increasing rate of antibiotic resistance throughout the world, this species of plant can be considered a potential source of antibacterial agents.

Also, we have screened the antimicrobial activity of ethanolic extract obtained from *Ficus lyrata* Warb. leaves against the standard and locally isolated strains of Gram-negative bacteria *Klebsiella pneumonia* (ATCC 700603), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), and *Escherichia coli* (ATCC 25922), as well as Gram-positive bacteria *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), methicillin-resistant *S. aureus*, and *Streptococcus pneumoniae* (ATCC 49619) [39]. Our results showed that the ethanolic extract derived from leaves of *F. lyrata* exhibited moderate activity against the Gram-positive bacteria (11.3 mm of inhibition zone diameter for *S. aureus*), and the Gram-negative bacteria (10.3 mm for *E. coli*). *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, methicillin-resistant *S. aureus*, and *S. pneumoniae* appeared to be less sensitive to the extracts, the inhibition zone was 8.9 mm, 8.5 mm, 8.9 mm, and 8.4 mm, respectively. The ethanolic extract of *F. lyrata* has moderate antimicrobial activities attributed to its higher triterpenoids, flavonoids, and glycosides content, which confirms the traditional use of this plant for the treatment of diseases caused by pathogens. Yet, this research illustrates that a Gram-positive bacterium was more susceptible to the ethanolic leaf extracts of *F. lyrata* as compared to Gram-negative bacteria species [39].

In our previous study [40], we also assessed the in vitro antibacterial activity of ethanolic extract prepared from *Ficus sur* Forssk. leaves against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*,

and *Pseudomonas aeruginosa* strains, clinically important bacteria, which are indicator organisms commonly used in programs to monitor antibiotic resistance. For this study, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *S. aureus* ATCC 29213, *S. aureus* NCTC 12493, *Escherichia coli* ATCC 25922, *E. coli* ATCC 35218, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27583 were used. The results of antibacterial activity clearly showed that the extract has shown antibacterial activity against the entire tested organisms. The extract has shown better activity against *S. aureus* strains compared to the *E. coli* and *P. aeruginosa* strains. The ethanolic extract exhibited mild antibacterial activity against *E. coli*. The results of this investigation suggest that the leaf extracts of *F. sur* can be used to isolate antibacterial agents for developing new pharmaceuticals to control pathogenic bacteria responsible for infective diseases in humans and animals [40].

Also, other researchers revealed the antibacterial activity of many *Ficus* species. For example, Kuete and co-workers (2008) have evaluated the antimicrobial activity of the methanol extracts from *Ficus chlamydocarpa* Mildbr. & Burret (FCR), *Ficus cordata* Thunb. (FCB), mixture of the two plants (FCM), as well as that of the isolated flavonoids Alpinumisoflavone (2), Genistein (3), Laburnetin (4), Luteolin (5) (isolated from FCR), Catechin (7) and Epiafzelechin (8) (isolated from FCB). Mycobacteria, fungi, Gram-positive and Gram-negative bacterial species were tested for their susceptibility to the above samples. The microplate dilution and radiometric respiratory methods were used to determine the susceptibility testing of the samples against *Mycobacterium smegmatis* and *Mycobacterium tuberculosis*, respectively. The disc diffusion assay was used to determine the sensitivity of the samples, whilst the microdilution method was used for the determination of the minimal inhibition concentration (MIC) and the minimal microbicidal concentration (MMC) against fungi, Gram-positive and Gram-negative bacterial species. All the samples except compound 7 were found to be active to *Mycobacterium smegmatis* and the MIC ranged from 0.61 to 312.50 microg/ml. Compound 4 showed the best activity against *Mycobacterium tuberculosis* exhibiting a MIC of 4.88 microg/ml. The results of the diffusion test indicated that the crude extract from FCB, FCM as well as compounds 5 and 8 were able to prevent the growth of all tested (fungi, Gram-positive and Gram-negative

bacteria) organisms. The inhibition effect of the crude extract from *Ficus chlamydocarpa* was observed on 10 (62.5 %) of the 16 tested microorganisms (excluding mycobacteria) whereas that of compounds 4, 2, and 3 was respectively noted on 14 (87.5 %), 8 (50.0 %) and 7 (39.9 %) of the tested microbial species. FCB was found to be more active than FCR in most of the tested organisms. The results of Kuete V. and co-workers [22] provided evidence that the studied plants extract, as well as some of the isolated compounds might be potential sources of the new antimicrobial drugs.

The effect of ethanolic extract of *F. religiosa* fruits extract was studied by Kumar Goyal A. and co-workers [23] against two Gram-positive bacteria (*Staphylococcus epidermidis* and *Staphylococcus aureus*) and two Gram-negative bacteria (*Pseudomonas vulgaris* and *Klebsiella pneumonia*). The minimum inhibitory concentration of extract effective against *S. epidermidis* and *K. pneumonia* was 15 mg/ml while the minimum inhibitory concentration for *S. aureus* and *P. vulgaris* was 30 mg/ml. At 15 mg/ml concentration of extract, *K. pneumonia* showed more sensitivity (inhibition zone 21 mm) than *S. epidermidis* (inhibition zone 19 mm). At 30 mg/ml concentration, *P. vulgaris* showed more sensitivity (inhibition zone 12 mm) than *S. aureus* (inhibition zone 9 mm). Present observations indicate that the extracts possess antibiotic activity. Further scientific evaluation is needed to screen active phytochemicals from this important plant to use it for the production of new antibiotics [23].

H. Usman and co-workers [42] tested stem bark crude methanolic extract and its n-butanol and residual aqueous portions from *Ficus thonningii* Blume against clinical isolates of Gram-negative (*Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, and *Salmonella typhi*) and Gram-positive (*Staphylococcus aureus* and *Streptococcus* spp.) bacteria and carried out a qualitative phytochemical analysis of the extracts. All tested organisms were susceptible and the inhibition efficacy depended on the bacterial species, extract and portion type, and concentration, with no significant difference between the effects on Gram-positive and Gram-negative bacteria in general. Overall inhibition increased in the sequence crude extract – residual aqueous portion – n-butanol portion. Based on the disc diffusion assay, *S. aureus* was most strongly inhibited by the extract's n-butanol portion (inhibition zone diameter

ranged from 20.0 to 26.33 mm), while the residual aqueous portion appeared the weakest (13 to 17 mm). Nutrient broth dilution assay showed MIC 2.5 mg/ml for the crude extract and n-butanol portion and MIC 1.25 mg/ml for the residual aqueous portion against *S. aureus*. Although phytochemical analysis showed quite rich chemical content of crude extract and both its portions (with alkaloids, anthraquinones, carbohydrates, flavonoids, saponins, and tannins present), no difference between these three reagents tested were found that would potentially account for their variation in bacterial inhibition efficacy.

The phytochemical test of the crude extracts of *Ficus* species revealed the presence of alkaloids, carbohydrates, flavonoids, saponins, and tannins [21, 2, 44]. These classes of secondary metabolites, such as alkaloids, saponins, tannins, anthraquinones, and flavonoids are known to have curative activity against several pathogens and therefore could suggest the use traditionally for the treatment of various illnesses [42]. The antimicrobial activity of secondary metabolites present in *F. cyathistipula* extract can be responsible for the antibacterial properties of this extract.

Phytochemical investigation of the bioactive extracts of the leaves of *F. cyathistipula* was assessed by F. El-Sakhawy and co-workers [14]. Ethanolic and aqueous leaf extracts of *F. cyathistipula* significantly reduced blood glucose levels, and improved triglycerides and cholesterol levels of dyslipidemia in diabetic rats. They similarly reduced the inflammation of paw edema and stomach ulcers in rats. Fractions obtained by the successive partition of ethanolic extract were assessed by F. El-Sakhawy and co-workers [14] for their cytotoxicity, antioxidant and antimicrobial activities. Petroleum ether fraction was the most cytotoxic (IC₅₀ = 4.43 ± 0.2, 17.3 ± 2.22, and 15.5 ± 3.67 µg/ml on MCF7, HepG2 and HeLa cell lines, respectively). Ethyl acetate fraction was the strongest antioxidant in the DPPH assay (IC₅₀ = 100 µg/ml). All samples exhibited low to strong antimicrobial activity. Chemical investigation of leaf extracts led to the isolation of α-amyrin palmitate (1), lupeol acetate (2), taraxerol (3), β-sitosterol (4), protocatechuic acid (5) and 3-O-caffeoyl quinic acid (6) that were identified via spectral and chromatographic analyses. Metabolite profiling was performed via UPLC-PDA-MS and revealed the

presence of flavonoid glycosides, phenolic acids, isoflavones, coumarins, and fatty acids. Quantitative determination revealed 593 ± 0.5 mg BSE, 348.1 ± 0.09 mg GAE, 238.7 ± 0.5 mg rutin, and 9 ± 0.5 g tannins per 100 g d.wt. of leaves. GLC analysis of lipid fraction revealed the identification of phytosterols (15.6 %), saturated (51.71 %), and unsaturated (41.9 %) fatty acids. Galactose, glucose, arabinose, and glucuronic acid (36.98 %, 28.86 %, 22.56 %, and 1.06 %, respectively) were identified by HPLC analysis of mucilage-hydrolysate [14].

Conclusions

The ethanolic extract derived from the leaves of *F. cyathistipula* exhibited varying inhibitory activities against all the test strains. More sensitive for this extract was *C. albicans* strain. *S. aureus* subsp. *aureus* strain (ATCC® 25923™), *S. aureus* subsp. *aureus* strain (ATCC® 29213™),

methicillin-resistant *S. aureus* (NEQAS 3679™), *P. aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™), *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™), and *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™) strains were more resistant to *F. cyathistipula* extract. The results are encouraging enough to pursue bioactivity guided fractionation of this extract and structure elucidation of the active phytoconstituents from the *F. cyathistipula* extract as a possible antibacterial agent. The results of this study provide baseline information on *F. cyathistipula* potential validity in the treatment of fungus-induced infections, caused by *Candida albicans*.

Acknowledgments

The authors wish to acknowledge The International Visegrad Fund for supporting our study.

References

1. Ahmed, F., & Urooj, A. (2010). Traditional uses, medicinal properties, and phytopharmacology of *Ficus racemosa*: a review. *Pharmaceutical Biology*, 48(6), 672–681.
2. Ashraf, K., Haque, M. R., Amir, M., Ahmad, N., Ahmad, W., Sultan, S., Ali Shah, S. A., Mahmoud Alafeefy, A., Mujeeb, M., & Bin Shafie, M. F. (2021). An Overview of Phytochemical and Biological Activities: *Ficus deltoidea* Jack and Other *Ficus* spp. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 13(1), 11–25.
3. Awolola, G. V., Koorbanally, N. A., Chenia, H., Shode, F. O., & Baijnath, H. (2014). Antibacterial and anti-biofilm activity of flavonoids and triterpenes isolated from the extracts of *Ficus sansibarica* Warb. subsp. *sansibarica* (Moraceae) extracts. *African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines: AJTCAM*, 11(3), 124–131.
4. Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493–496.
5. Berg, C.C., & Corner, E.J.H. (2005). *Moraceae* (Ficus). In: Notoboom H.P. (ed.) *Flora Malesiana*, Ser. 1, Vol. 17, Part 2. Nederland, Leiden: National Herbarium.
6. Berg, C.C., & Wiebes, J.T. (1992). African fig trees and fig wasps. *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Verhandelingen Afdeling Natuurkunde*, 2^{de} reeks, deel 89. North-Holland, Amsterdam.
7. Chindo, B. A., Ya'U, J., Danjuma, N. M., Okhale, S. E., Gamaniel, K. S., & Becker, A. (2014). Behavioral and anticonvulsant effects of the standardized extract of *Ficus platyphylla* stem bark. *Journal of Ethnopharmacology*, 154(2), 351–360.
8. Chouna, H. S. D., Dize, D., Kagho, D. U. K., Bankeu, J. J. K., Fongang, Y. S. F., Tali, M. B. T., Ponou, B. K., Bitchagno, G. T. M., Awantu, A. F., Tapondjou, L. A., Lenta, B. N., Fekam, F. B., Sewald, N., & Ngouela, S. A. (2022). Constituents from ripe figs of *Ficus vallis-choudae* Delile (Moraceae) with antiplasmodial activity. *Parasitology Research*, 121(7), 2121–2127.

9. Cook, J.M., & Rasplus, J.-Y. (2003). Mutualists with attitude: coevolving fig wasps and figs. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(5), 241–248.
10. Cruz, J. M. D. A., Corrêa, R. F., Lamarão, C. V., Kinupp, V. F., Sanches, E. A., Campelo, P. H., & Bezerra, J. A. (2022). *Ficus* spp. fruits: Bioactive compounds and chemical, biological and pharmacological properties. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 152, 110928.
11. Dangarembizi, R., Erlwanger, K. H., Moyo, D., & Chivandi, E. (2012). Phytochemistry, pharmacology and ethnomedicinal uses of *Ficus thonningii* (Blume Moraceae): a review. *African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines: AJTCAM*, 10(2), 203–212.
12. Deepa, P., Sowndhararajan, K., Kim, S., & Park, S. J. (2018). A role of *Ficus* species in the management of diabetes mellitus: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 215, 210–232.
13. Dell'Annunziata, F., Sellitto, C., Franci, G., Marcotullio, M. C., Piovan, A., Della Marca, R., Folliero, V., Galdiero, M., Filippelli, A., Conti, V., & Delfino, D. V. (2022). Antiviral Activity of *Ficus rubiginosa* Leaf Extracts against HSV-1, HCoV-229E and PV-1. *Viruses*, 14(10), 2257.
14. El-Sakhawy, F., Kassem, H., Abou-Hussein, D., El-Gayed, S., Mostafa, M., & Ahmed, R. (2016). Phytochemical investigation of the bioactive extracts of the leaves of *Ficus cyathistipula* Warb. *Zeitschrift für Naturforschung. C, Journal of Biosciences*, 71(5-6), 141–154.
15. Garg, S., & Roy, A. (2020). A Current Perspective of Plants as an Antibacterial Agent: A Review. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 21(15), 1588–1602. <https://doi.org/10.2174/1389201021666200622121249>.
16. Gregory, M., Divya, B., Mary, R. A., Viji, M. M., Kalaichelvan, V. K., & Palanivel, V. (2013). Anti-ulcer activity of *Ficus religiosa* leaf ethanolic extract. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3(7), 554–556.
17. Khairunisa, S. Q., Indriati, D. W., Tumewu, L., Widyawaruyanti, A., & Nasronudin, N. (2021). Screening of anti-HIV activities in ethanol extract and fractions from *Ficus fistulosa* leaves. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 32(4), 737–742.
18. Khan, N. A., Tomar, C., Shrivastav, A., Ahmad, A., & Mishra, A. K. (2021). Evaluation of *Ficus retusa* L. Leaves with Special Reference to Antidiarrheal and Anti-spasmodic Activity. *Current Drug Discovery Technologies*, 18(1), 120–126.
19. Kim, H. S. (2005). Do not put too much value on conventional medicines. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1-2), 37–39. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.05.030>.
20. Koukouikila-Koussounda, F., Abena, A. A., Nzoungani, A., Mombouli, J. V., Ouamba, J. M., Kun, J., & Ntoumi, F. (2012). *In vitro* evaluation of antiplasmodial activity of extracts of *Acanthospermum hispidum* DC (Asteraceae) and *Ficus thonningii* Blume (Moraceae), two plants used in traditional medicine in the Republic of Congo. *African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines: AJTCAM*, 10(2), 270–276.
21. Kubo, M., Yatsuzuka, W., Matsushima, S., Harada, K., Inoue, Y., Miyamoto, H., Matsumoto, M., & Fukuyama, Y. (2016). Antimalarial Phenanthroindolizine Alkaloids from *Ficus septica*. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 64(7), 957–960.
22. Kuete, V., Ngameni, B., Simo, C. C., Tankeu, R. K., Ngadjui, B. T., Meyer, J. J., Lall, N., & Kuiate, J. R. (2008). Antimicrobial activity of the crude extracts and compounds from *Ficus chlamydocarpa* and *Ficus cordata* (Moraceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 120(1), 17–24.

23. Kumar Goyal, A., Sharma, R., Kaur, R., & Kaushik, D. (2014). In vitro studies on antibiotic activity of *Ficus religiosa* fruits extract against human pathogenic Bacteria. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(11), 80-84.
24. Lansky, E. P., & Paavilainen, H. M. (2011). Figs: the genus *Ficus*. In: Hardman R. (ed.) *Traditional herbal medicines for modern times*, Vol. 9., Boca Raton: CRC Press, 1-357.
25. Lansky, E. P., Paavilainen, H. M., Pawlus, A. D., & Newman, R. A. (2008). *Ficus* spp. (fig): ethnobotany and potential as anticancer and anti-inflammatory agents. *Journal of Ethnopharmacology*, 119(2), 195-213.
26. Liu, Y. P., Guo, J. M., Yan, G., Zhang, M. M., Zhang, W. H., Qiang, L., & Fu, Y. H. (2019). Anti-Inflammatory and Antiproliferative Prenylated Isoflavone Derivatives from the Fruits of *Ficus carica*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(17), 4817-4823.
27. Madiwalar, V. S., Dwivedi, P. S. R., Patil, A., Gaonkar, S. M. N., Kumbhar, V. J., Khanal, P., & Patil, B. M. (2022). *Ficus benghalensis* promotes the glucose uptake – Evidence with *in silico* and *in vitro*. *Journal of Diabetes and Metabolic Disorders*, 21(1), 429-438.
28. Mandal, S. C., Saha, B. P., & Pal, M. (2000). Studies on antibacterial activity of *Ficus racemosa* Linn. leaf extract. *Phytotherapy Research: PTR*, 14(4), 278-280.
29. Mohd Dom, N. S., Yahaya, N., Adam, Z., Nik Abd Rahman, N. M. A., & Hamid, M. (2020). Antiglycation and Antioxidant Properties of *Ficus deltoidea* Varieties. *African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines: AJTCAM*, 2020, 6374632.
30. Murti, K., & Kumar, U. (2012). Enhancement of wound healing with roots of *Ficus racemosa* L. in albino rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(4), 276-280.
31. Niño, J., Mosquera, O. M., & Correa, Y. M. (2012). Antibacterial and antifungal activities of crude plant extracts from Colombian biodiversity. *Revista de Biología Tropical*, 60(4), 1535-1542.
32. Ogunlaja, O. O., Moodley, R., Singh, M., Baijnath, H., & Jonnalagadda, S. B. (2018). Cytotoxic activity of the bioactive principles from *Ficus burtt-davyi*. *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 53(4), 261-275.
33. Okoth, D. A., Chenia, H. Y., Koorbanally, N. A. (2013). Antibacterial and antioxidant activities of flavonoids from *Lannea alata* (Engl.) Engl. (*Anacardiaceae*). *Phytochemistry Letters*, 6, 476-481.
34. Parameswari, S. A., Chetty, C. M., & Chandrasekhar, K. B. (2013). Hepatoprotective activity of *Ficus religiosa* leaves against isoniazid+rifampicin and paracetamol induced hepatotoxicity. *Pharmacognosy Research*, 5(4), 271-276.
35. Raji, Y., Oyeyemi, W. A., Shittu, S. T., & Bolarinwa, A. F. (2011). Gastro-protective effect of methanol extract of *Ficus asperifolia* bark on indomethacin-induced gastric ulcer in rats. *Nigerian Journal of Physiological Sciences: Official Publication of the Physiological Society Of Nigeria*, 26(1), 43-48.
36. Riaz, M. B., Khan, A. U., & Qazi, N. G. (2019). Pharmacological and computational evaluation of fig for therapeutic potential in hyperactive gastrointestinal disorders. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(1), 348.
37. Shi, Y., Mon, A. M., Fu, Y., Zhang, Y., Wang, C., Yang, X., & Wang, Y. (2018). The genus *Ficus* (Moraceae) used in diet: Its plant diversity, distribution, traditional uses and ethnopharmacological importance. *Journal of Ethnopharmacology*, 226, 185-196.

38. Tafroji, W., Margyaningsih, N. I., Khoeri, M. M., Paramaiswari, W. T., Winarti, Y., Salsabila, K., Putri, H. F. M., Siregar, N. C., Soebandrio, A., & Safari, D. (2022). Antibacterial activity of medicinal plants in Indonesia on *Streptococcus pneumoniae*. *PLoS One*, 17(9), e0274174. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274174>.
39. Tkachenko, G., Buyun, L., Osadovskyy, Z., Truhan, M., Sosnowski, E., Prokopiv, A., & Goncharenko, V. (2016). *In vitro* screening of antimicrobial activity of ethanolic extract obtained from *Ficus lyrata* Warb. (Moraceae) leaves. *Agroecological Journal*, 2, 155-160.
40. Tkachenko, H., Buyun, L., Kasiyan, O., Honcharenko, V., Prokopiv, A., & Osadowski, Z. (2018, October 3–5). *The in vitro antibacterial activity of ethanolic extract obtained from Ficus sur* Forssk. leaves (Moraceae). [Proceedings of International Scientific and Practical Conference]: Fundamental and practical issues of immunology and infectology, Vol. 2, Ufa.
41. Tkachenko, H., Buyun, L., Osadowski, Z., Honcharenko, V., & Prokopiv, A. (2017). The antimicrobial efficacy of ethanolic extract obtained from *Ficus benghalensis* L. (Moraceae) leaves. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*, 1, 438-445.
42. Usman, H., Abdulrahman, F., & Usman, A. (2009). Qualitative phytochemical screening and in vitro antimicrobial effects of methanol stem bark extract of *Ficus thonningii* (Moraceae). *African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines: AJTCAM*, 6(3), 289–295.
- Wei, S., Wu,
43. W., & Ji, Z. (2012). New antifungal pyranisoflavone from *Ficus tikoua* Bur. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(6), 7375–7382.
44. Ye, X. S., Tian, W. J., Zhou, M., Zeng, D. Q., Lin, T., Wang, G. H., Yao, X. S., & Chen, H. F. (2021). Prenylated flavonoids from *Ficus hirta* induces HeLa cells apoptosis via MAPK and AKT signaling pathways. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 38, 127859.

Received: 05.02.2023. Accepted: 26.02.2023. Published: 06.03.2023.

Cite this article in APA Style as:

Tkachenko, H., Kurhaluk, N., Buyun, L., Lukash, O., Honcharenko, V., and Prokopiv, A. (2022). Evaluation of antimicrobial activity of ethanolic extract derived from leaves of *Ficus cyathistipula* Warb. (Moraceae). *BHT: Biota. Human. Technology*, 3, 37–48. (in English)

Information about the authors:

Tkachenko H. [*in Ukrainian: Ткаченко Г.*] ¹, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halyna.tkachenko@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3951-9005

Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

Kurhaluk N. [*in Ukrainian: Курхалюк Н.*] ², Dr. of Biol. Sc., Prof., email: natalia.kurhaluk@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0002-4669-1092

Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

Buyun L. [*in Ukrainian: Буюн Л.*] ³, Dr. of Biol.Sc., Senior Scientist, email: buyun.li@nas.gov.ua
ORCID: 0000-0002-9158-6451

Department of Tropical and Subtropical Plants, M.M. Gryshko National Botanic Garden, National Academy of Science of Ukraine
1 Tymiriazivska Street, Kyiv, 01014, Ukraine

Lukash O. [*in Ukrainian: Лукаш О.*] ⁴, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: lukash2011@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2702-6430

Department of Ecology and Nature Conservation, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Honcharenko V. [*in Ukrainian: Гончаренко В.*] ⁵, Ph. D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: vherbarium@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6888-2124

Department of Botany, Biology Faculty, Ivan Franko National University of Lviv
4 Hrushevskoho Street, Lviv, 79005, Ukraine

Prokopiv A. [*in Ukrainian: Прокопів А.*] ⁶, Ph. D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: botany.dep.biology@lnu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-1690-4090

Department of Botany, Biology Faculty, Ivan Franko National University of Lviv
4 Hrushevskoho Street, Lviv, 79005, Ukraine

¹ Study design, manuscript preparation.

² Statistical analysis, manuscript preparation.

³ Data collection, statistical analysis.

⁴ Data collection, manuscript preparation.

⁵ Data collection.

⁶ Data collection.



ENVIRONMENTAL POLLUTION STRESSES AND ORGANISMS' RESPONSE

**СТРЕСИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ
ТА РЕАКЦІЯ ОРГАНІЗМІВ**



UDC 582.584.1:632.95.024

Nataliia Tkachuk, Liubov Zelena

AN ONION (*ALLIUM CEPA* L.) AS A TEST PLANT

Наталія Ткачук, Любов Зелена

ЦИБУЛЯ РІПЧАСТА (*ALLIUM CEPA* L.) ЯК ТЕСТ-РОСЛИНА

DOI: 10.58407/bht.3.22.5

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Tkachuk, N., Zelena L., 2022

ABSTRACT

Phytotesting has long been used to determine the quality of seeds, agricultural soil fertility, in biomedical research, and recently in the field of environmental protection to assess the ecological quality of natural environment (water, soil) in phytotesting of toxicants. Various plant representatives are used as model test organisms, in particular, onion (*Allium cepa* L.) is considered as a standard test plant for the determination of toxicants.

The purpose of the work is to generalize methodological approaches of using onion (*Allium cepa* L.) in phytotesting of toxicants.

Methodology. During the research, the following methods were used: 1) general scientific methods (methods of theoretical research of available information); 2) analytical and generalized methods (for the analysis of scientific and literature sources on the given problem); 3) empirical (for accumulating facts); 4) methods of argumentation (to prove one's own judgments).

Scientific novelty - methodical approaches of using onion in phytotesting of toxicants are summarized, formulas for calculating phytotoxic indices (root length index, phytotoxic effect of solutions, toxicity index of solutions for each test function, average toxicity index of the tested solutions) are presented.

Conclusions - phytotesting is a commonly used method of assessing the quality of natural environment (water, soil) which is based on the sensitivity of plants to external chemical influences and is reflected in growth and morphological characteristics. The standard test plant for the determination of toxicant influence is the onion (*Allium cepa*), which can be used both in the growth test and in the *Allium*-test. The most sensitive characteristics of onion are the mitotic activity of the apical meristem cells and the frequency of cells with chromosomal aberrations.

Key words: *Allium cepa*, *Allium*-test, phytotesting, phytotoxic indices.

АНОТАЦІЯ

Фітотестування застосовується здавна для визначення якості насіння, родючості ґрунтів сільськогосподарського використання, в біомедичних дослідженнях та не так давно у природоохоронній сфері для оцінки екологічної якості природних середовищ (води, ґрунтів). Різні представники рослин використовуються як модельні тест-організми, зокрема, цибуля ріпчаста (*Allium cepa* L.) розглядається як стандартна рослина для визначення токсикантів.

Мета роботи – узагальнення методичних підходів використання цибулі ріпчастої (*Allium cepa* L.) у фітотестуванні токсикантів.

Методологія. У ході дослідження використано методи: 1) загальнонаукові методи (методи теоретичних досліджень доступної інформації); 2) аналітичний та узагальнений методи (для аналізу наукових і літературних джерел з поставленої проблеми); 3) емпіричний (для накопичення фактів); 4) методи аргументування (для доведення власних суджень).

Наукова новизна – узагальнено методичні підходи використання цибулі ріпчастої у фітотестуванні токсикантів, представлено формули для розрахунків фітотоксичних індексів (індексу довжини корінців, фітотоксичного ефекту розчинів, індексу токсичності розчинів для кожної тест-функції, середнього індексу токсичності досліджуваних розчинів).

Висновки – фітотестування є загальноживим методом оцінки екологічної якості природних середовищ (води, ґрунтів), природних та синтетичних біоактивних сполук, який базується на чутливості рослин до зовнішнього хімічного впливу, що може викликати зміни фенотипічних та генотипічних характеристик. Стандартною тест-рослиною для визначення токсикантів є цибуля ріпчаста (*A. cepa*), яка використовується у ростовому тесті та *Allium*-тесті. Найбільш чутливими показниками цибулі при дослідженнях токсикантів є мітотична активність клітин апікальної меристеми та частота клітин з хромосомними аберациями.

Ключові слова: *Allium cepa*, *Allium*-тест, фітотестування, фітотоксичні індекси.

Formulation of the problem

Phytotesting has long been used to determine the quality of seeds, agricultural soil fertility, in biomedical research, and recently in environmental protection to assess the quality of natural environment (water, soil) [23; 25; 40; 50]. Various plant representatives are used as model test organisms, in particular, onion (*Allium cepa* L.) is considered as a standard test plant for the determination of toxicants [11; 13; 38]. Thus, *A. cepa* was used to study the toxic properties of synthetic organic compounds, e.g. derivatives of 2,4- and 2,6-dinitroanilines [39], two new complexes of silver(I) with sulfachloropyridazine [36], N-nitrosodiethylamine [15], drugs [1], pesticides [18; 38]. The aim of this work was to generalize the methodological approaches of using *A. cepa* in the phytotesting of toxicants.

Methodology

During the research, the following methods were used: 1) general scientific methods (methods of theoretical research of available information); 2) analytical and generalized methods (for the analysis of scientific and literature resources on the given problem); 3) empirical (for accumulating facts); 4) methods of argumentation (to prove one's own judgments).

Presentation of the main material

The concept of phytotesting. Test plants and their selective sensitivity

Phytotesting as a soil assessment method has long been used to determine the quality of seeds, agricultural soil fertility, in biomedical research, and recently in the field of environmental protection to assess the quality of natural environment (water, soil) [23; 25; 40; 51]. Phytotesting is based on the sensitivity of plants to external chemical influences, that can cause changes of phenotypic and genetic characteristics. Speed, accessibility and simplicity of experiments, reproducibility and reliability of the obtained results, economical and cost-effective value, low requirement for laboratory equipment as well as objectivity of the obtained data are the main benefits for the implementation of the phytotesting methods [25; 51].

There are many recommendations for using one or another species of plant as a test-culture. Thus, wheat seeds (*Triticum* spp.) [12; 32] are used for ecotoxicological assessment. Seeds of oats (*Avena* spp.) [46], radish (*Raphanus sativus* L.) [47], cress (*Lepidium sativum* L.) [3; 14; 24; 33; 46; 48] are recommended for using in laboratory phytotests.

The international ISO 11269-2 standard regulates the choice of at least two species of plants, while one must be monocotyledonous and the other dicotyledonous [26].

Seeds of different species respond selectively to certain classes of pollutants. In particular, the sensitivities of lettuce, sorghum and mustard seeds were studied on soils contaminated with a complex of heavy metals and petroleum products, including polycyclic aromatic hydrocarbons [14]. The researchers established the following order of increasing sensitivity of several plants to soil toxicity: *Lepidium sativum* L. < *Sinapis alba* L. < *Sorghum saccharatum* (L.) Moench.

Biotesting of well water using seed germination, and size and weight of the stem and root of plants of the *Poaceae* family (*Triticum aestivum* L., *Avena sativa* L., *Hordeum vulgare* L.) as the test indicators revealed its low quality, which was confirmed by chemical analysis. At the same time, the seed germination of *T. aestivum* L. (1-2 days) and *H. vulgare* L. (3-4 days), as well as the stem size of *T. aestivum* L. seedlings [45] were effective test indicators.

The manufacturer of the biotest recommend selected plant species included both monocots (*Sorghum saccharatum*) and dicotyledonous plants (*L. sativum* and *Sinapis alba*) [51]. *Sinapis alba* and *Sorghum saccharatum* had less germination than *L. sativum* in soil pollution from railway tracks [51]. At the same time, a monocot plant, sugar sorghum (*Sorghum saccharatum*), is more sensitive to oil-polluted soils [7]. Also, monocot species *Triticum aestivum* L., stimulation was visible in both root length and root number at two or one highest doses, respectively, but dicot species *Lepidium sativum* L. and *Raphanus sativus* L. were generally not sensitive to applied doses of essential oil although a little stimulation effect at some concentrations prevailed over inhibition effect [34].

The estimation of pollution level of aqueous solutions of surfactant-containing dishwashing detergents was performed on the basis of the following characteristics of *Lepidium sativum*: seed germination energy, seed germination and biometric-morphometric parameters (length of aboveground part and roots of seedlings) with further statistical analysis [49].

Allium cepa L. is considered as a standard test object for the determination of toxicants [11, 13, 38]. In particular, *A. cepa* was used as a test organism for determining the toxic properties of such synthetic organic compounds as derivatives of 2,4- and 2,6-dinitroanilines [39], two new complexes of silver(I) with sulfachloropyridazine [36], N-nitrosodiethylamine [15], medicinal drugs [1], pesticides [18; 38]. In these studies, the root length of onion seedlings was measured (growth test), and the mitotic index and chromosomal aberrations in the cells of the root meristem of the seedlings were evaluated (*Allium*-test).

Allium-test is a plant test system for detection and evaluation the mutagenic, mitosis modifying and toxic effects caused by chemical and physical factors by using *A. cepa* plants. The *Allium*-test uses the roots of onion (*A. cepa*) seedlings, which was first proposed by the Royal Swedish Academy of Sciences as a standard test object. In modern studies, *A. cepa* is considered as a reference plant test object for the analysis of mutagenicity, mitotoxicity and toxicity of various factors [44].

There were also reports of the assessment of the toxicity of oil-contaminated soils by the seeds of flax (*Linum usitatissimum* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) [22]. Studies of chlorpyrifos (a hazardous insecticide and important pollutant of the environment) conducted on white mustard seeds (*Sinapis alba*) and maize (*Zea mays* L.) showed the sensitivity these cultures [21].

Onion in toxicant testing

Onion (*Allium cepa* L.) is considered as a standard test object for the determination of toxicants [11; 13; 38]. *Allium cepa* (division *Magnoliophyta*, class *Liliopsida*, subclass *Liliidae*, order *Liliales*, family *Alliaceae*, genus *Allium* L.) is widely used as a test object to assess the influence of chemical compounds, natural and wastewater on organisms' genetic potential. *Allium* has 8 ($2n = 16$) chromosomes which can be well defined by various dyes. The duration of the cell cycle is approximately 17.8 hours. The mitotic index can fluctuate in different roots of the same plant, but the averaged data are quite stable. The duration of mitosis in different tissues of the *A. cepa* root is the same and does not change along the root length. The ratio of different phases of mitosis does not depend on the fixation time [44].

The *Allium*-test is simple, economical, rapid and sensitive enough to determine whether a factor is «mutagenic» or «non-mutagenic», «cytotoxic» or «non-cytotoxic». The *Allium*-test is recommended for the study of almost any chemical, physical and biological factors. Since the new substances are being synthesized, the test is getting modifications and improvements that makes it one of the most popular [31]. Factors of various origin are suitable for testing, e.g. physical [different types of radiation, temperature], chemical [various chemical compounds or solutions of substances (solutions of various salts, nanoparticles, pharmaceutical and medicinal preparations, dyes, pesticides)], natural and anthropogenic environments (natural waters, industrial emissions / wastewater, mine waters, disturbed ecosystems in areas of mineral extraction), biological [products of living organisms (biotoxins, hormones, metabolic products of cyanobacteria)] [31].

Thus, Fatma et al. examined [18] phytotoxic effects of pesticides mancozeb and chlorpyrifos for *A. cepa* seeds, via germination percentage, survival

percentage, root and shoot length, root shoot length ratio, seedling vigor index, percentage of phytotoxicity and tolerance index. At the same time, different toxicity of the new compounds-derivatives of simazine on the growth of onion roots was established. The calculated phytotoxic effect of the solutions studied substances varied from 22.7% to 29.7% [50].

Toxicants can diffusely invade the plant organism through the roots and aerial organs. Roots absorb substances less selectively than leaves because in root chemicals pass only the cell wall, while in leaf these additionally pass through the cuticle of the epidermis or stomata [44].

The root tip is the part of the plant that first comes into contact with the environment. It contains enzymes that activate promutagens and mutagens [19], so the use of root meristems does not require activation systems in the process of studying those compounds that exert their mutagenic effect through an activated metabolite. This determines the high sensitivity of the root meristem cells to the action of mutagenic factors [30].

Apical meristems are located at the top of shoots (main and lateral) and at the tip of all young roots. This arrangement of meristems is determined already in the initial phases of ontogenesis [4]. Parenchymal cells of the primary (apical) meristem of the division zone have thin walls covered with a root cap [8].

Some authors [2; 9; 17] note that to assess cytotoxicity and genotoxicity, attention should be paid to inhibition of mitotic activity, delay of cells at the stage of prophase or metaphase of mitosis, as well as ratios of the cell number in different phases of mitosis. This can be evaluated using the *Allium*-test [19; 28]. The mitotic activity of onion apical meristem cells is used to determine toxicants, for example to analyze the contamination of agricultural soils [27].

Using *Allium*-test, phyto- and cytotoxic activities of salts of heavy metals and aluminum was evaluated [16-17], 2,4- and 2,6-dinitroaniline derivatives were screened for phytotoxicity and antimutagenic activity [36]. For many years, this method remains to be one of the main test systems for evaluation genotoxicity, cytotoxicity, and general toxicity of various factors [5; 44].

Methods of phytotesting with *Allium cepa*

Growth test

Onion seeds are spread evenly in 50 pieces on filter paper in Petri dishes ($d = 90$ mm). 5 ml of the test solution (experiment) and distilled water (control) are poured into each Petri dish. The repetition is threefold. The closed Petri dishes are placed at a temperature of 23-24 °C. On the 3rd day, the roots length of the onion seedlings is measured (Fig. 1) [5] and phytotoxic indices are calculated.

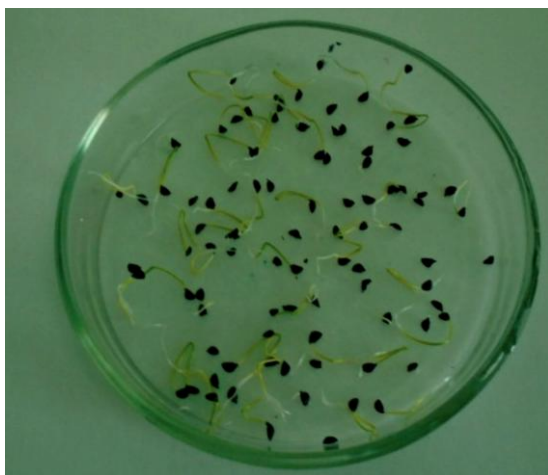


Fig. 1. Seedlings of *Allium cepa* [29]

In particular, researchers use the following phytotoxic indices [5; 6; 10; 37]: root length index (RLI), phytotoxic effect of solutions (PhE), toxicity index of solutions for each test function (TI), average toxicity index of the tested solutions (TI_{avr}), which are calculated according to formulas (1), (2), (3) and (4), respectively.

The root length index:

$$RLI = \frac{L_T(i) - L_C}{L_C}, \quad (1)$$

where RLI is the root length index, $L_T(i)$ and L_C are mean root lengths in test (i) and control, respectively. Phytotoxicity is determined by the following scale [6; 10; 37]:

weak: $-0.25 \leq RLI < 0$;
 average: $-0.5 \leq RLI < -0.25$;
 high: $-0.75 \leq RLI < -0.5$;
 extreme: $-1 \leq RLI < -0.75$.

The phytotoxic effect of solutions:

$$PhE = (L_C - L_T) \times 100\% / L_C, \quad (2)$$

where PhE is the phytotoxic effect of solutions, L_C is the root length in control, L_T is the root length of the in experiment.

To obtain comparable data from the test results, the toxicity index of solutions for each test function is calculated according to the formula:

$$TI = (TF_T / TF_C), \quad (3)$$

where TI is the toxicity index of solutions for each test function, TF_T and TF_C are the values of the registered test-respond in the experiment and in control, respectively.

TI below 80% or more, relative to the control, indicates tendency to inhibit growth and development. If these indicators are reduced by two times, then the solution has an inhibitory effect. The tendency to stimulation is determined from an indicator of 120% to the control, an excess of two times indicates a clear stimulating effect [41].

The value of the average toxicity index of the tested solutions is determined by the formula:

$$TI_{avr} = (TI_1 + TI_2 + TI_3 + TI_4) / 4, \quad (4)$$

where TI_{avr} is the average toxicity index of the tested solutions, TI_1 , TI_2 , TI_3 , TI_4 are toxicity indices calculated for each test function: germination energy, germination, root length and aerial part, respectively; 4 - the number of test responses involved in the experiment.

Allium-test (study of the mitotic index, the duration of the mitosis phases and the frequency of cells with aberrant chromosomes in the onion root meristem)

Onion seeds are placed in Petri dishes of 50 pieces on filter paper, which are moistened with distilled water (control) or the investigated solution (experiment). Petri dishes with seeds are placed for 3-4 days in a thermostat at a temperature of 23-24 °C and moistened daily with the same amounts of solutions. The repetitions of experiment and control are threefold [5].

For analysis, seedlings with roots of 0.7-0.9 cm long are selected, fixed in acetic alcohol (3:1), stained in acetofuxin and washed from the dye in a 30% solution of acetic acid [42]. Temporary pressed preparations are made from the root meristem according to the generally accepted method and the mitotic index (‰) is calculated according to the formula (5):

$$MI, \text{‰} = \frac{P + M + A + T}{I + P + M + A + T} \times 1000, \quad (5)$$

where MI, ‰ is the mitotic index;

I - the number of cells in interphase;
 P - the number of cells in prophase;
 M - the number of cells in metaphase;
 A - the number of cells in anaphase;
 T - the number of cells in telophase.

The relative duration of each phase of mitosis (prophase index, metaphase index, anaphase index, telophase index, %) is also calculated using the formula (6):

$$P, \% = \frac{P}{I + P + M + A + T} \times 100 \quad (6)$$

where P, % is the prophase index;

I - the number of cells in interphase;
 P - the number of cells in prophase;
 M - the number of cells in metaphase;
 A - the number of cells in anaphase;
 T - the number of cells in telophase [10].

The duration of other phases of mitosis is calculated similarly.

Cells in different phases of mitosis are presented in Fig. 2.

The study of genotoxicity of derivatives is carried out by the ana-telophase method, deter-

mining the frequency of cells with aberrant chromosomes (%) according to the formula (7):

$$FA, \% = \frac{A(ab) + T(ab)}{A + T} \times 100 \quad (7)$$

where FA, % is the frequency of cells with aberrant chromosomes;

A(ab) is the number of cells in anaphase with aberrant chromosomes;

T(ab) is the number of cells in telophase with aberrant chromosomes;

A is the number of cells in anaphase;
T is the number of cells in telophase [20].

At the same time, it should be taken into account that the total number of viewed anaphases and telophases should be at least 200 [35]. Light microscopy at magnification (×400) is used in research (Fig. 2).

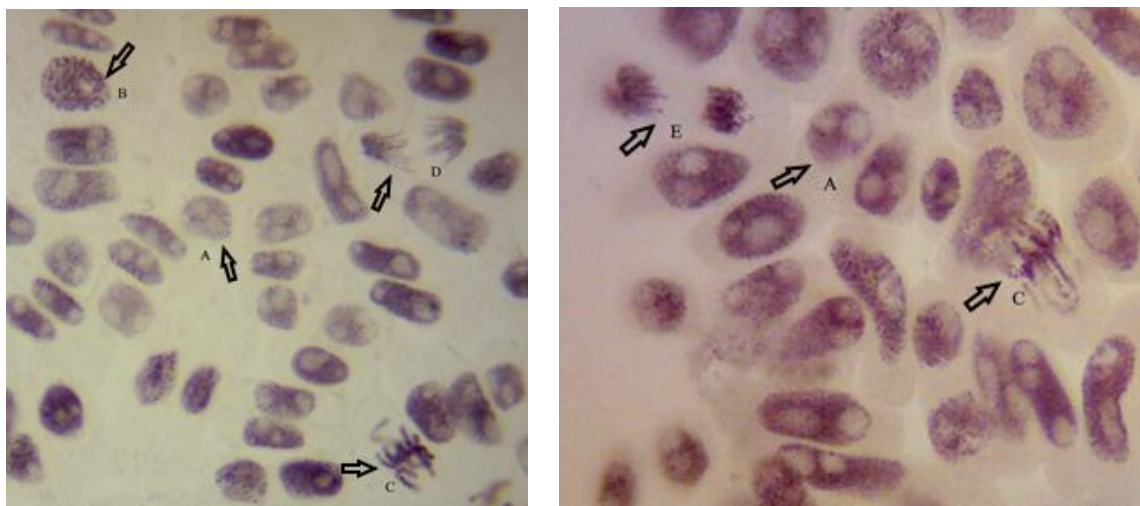


Fig. 2. Microphotographs of mitosis in onion roots (light microscopy, acetofuxin staining, magnification ×400): A – interphase; B – prophase; C – metaphase; D – anaphase; E – telophase (cells in the corresponding phase are indicated by arrows)

At the ana-telophase stage, mutations associated with a gross violation of the structure of chromosomes (a significant damage of chromosome structure), as well as damage to the mitotic spindle (division spindle) or a change in the behavior of chromosomes on the division spindle (Fig. 3) [43] are registered:

- chromosome lag,
- aberrant mitoses:
 - 1) tripolar mitoses,
 - 2) quadropole mitoses,
 - 3) asymmetric mitoses.

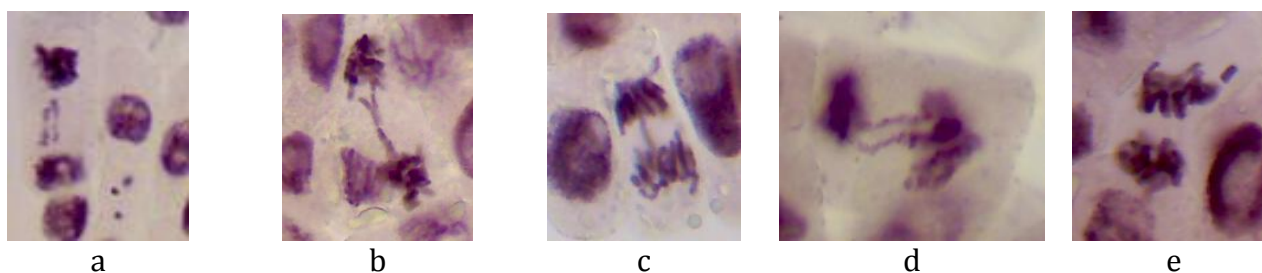


Fig. 3. Microphotographs of some types of chromosomal aberrations found in cells of the apical meristem of *A. cepa* (light microscopy, acetofuxin staining, magnification ×400): a – fragments in telophase and micronuclei in interphase; b – the bridge and lag of chromosomes in telophase; c – bridge in anaphase; d – double bridge in telophase; e – fragment in telophase

Conclusions

Phytotesting is a commonly used method of assessing the quality of natural environment (water, soil) which is based on the sensitivity of plants to external chemical influences and is reflected in growth and morphological characteristics. The

standard test plant for the determination of toxicant influence is the onion (*Allium cepa*), which can be used both in the growth test and in the *Allium*-test. The most sensitive characteristics of onion are the mitotic activity of the apical meristem cells and the frequency of cells with chromosomal aberrations.

References

1. Abu Ngozi, E., & Mba, K.C. (2011). Mutagenicity testing of pharmaceutical effluents on *Allium cepa* root tip meristems. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, 3(2), 44-51.
2. Alov, I.A. (1972). Citofiziologiya i patologiya mitoza. Moscow, USSR: Medicine.
Алов И.А. Цитофизиология и патология митоза. Москва: Медицина, 1972. 264 с.
3. Aranda, E., García-Romera, I., Ocampo, J.A., Carbone, V., Mari, A., Malorni, A., Sannino, F., De Martino, A., & Capasso, R. (2007). Chemical characterization and effects on *Lepidium sativum* of the native bioremediated components of dry olive mill residue. *Chemosphere*, 69, 229-239.
4. Atlas po anatomii rastenii (2001) / G.A. Bavtuto, V.M. Eremin, M.P. Jigar. Minsk, Belarus: Uradjai.
Атлас по анатомии растений / Г.А. Бавтуто, В.М. Еремин, М.П. Жигар. Минск: Ураджай, 2001. 146 с.
5. Bagdasaryan, A.S. (2005). Biotestirovanie pochv tehnogennyh zon gorodskih territorii s ispol'zovaniem rastitel'nyh organizmov: dis... kand. biol. nauk: 03.00.16 [Biotesting of soils in technogenic zones of urban areas using plant organisms: dissertation ... cand. biol. sciences: 03.00.16]. Stavropol, Russian Federation: Stavropol State University.
Багдасарян А.С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис... канд.биол.наук: 03.00.16 / Ставропольский государственный у-нт, Ставрополь, 2005. 159 с.
6. Bagur-González, M.G., Estepa-Molina, C., Martín-Peinado, F., & Morales-Ruano, S. (2011). Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal(loid)s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. *Journal of Soils and Sediments*, 11, 281-289.
7. Baran, A., Jasiewicz, C., & Antonkiewicz, J. (2009). Testing Toxicity of Oily Grounds Using Phytotoxkit™ Tests. The First Joint PSE-SETAC Conference on Ecotoxicology (Krakow, Poland, 16-19 September 2009). Book of Abstracts, poster.
8. Berhin, A., de Bellis, D., Franke, R. B., Buono, R. A., Nowack, M. K., & Nawrath, C. (2019). The Root Cap Cuticle: A Cell Wall Structure for Seedling Establishment and Lateral Root Formation. *Cell*, 176(6), 1367-1378.e8.
9. Bohuslavska, L., and Tykhomyrov, A. (2005). Vplyv ioniv vazhkykh metaliv na mitotychnyi indeks apikalnoi merystemy korenja kukurudzy [Effect of heavy metal ions on the mitotic index of the apical meristem of the maize root]. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Ser. Biol. - Bulletin of Lviv University. Ser. Biol.*, 40, 160-165.
Богуславська Л., Тихомиров А. Вплив іонів важких металів на мітотичний індекс апікальної меристеми кореня кукурудзи. *Вісник Львівського університету. Сер. Біол.* 2005. Вип. 40. С.160-165.
10. Cai, X., & Ostroumov, S.A. (2021). Finding of toxicity of herbal shampoo to plant seedlings: phytotest of mixture product that contains membranotropic chemicals as components. *Ecologica*, 28(101), 6-10.
11. Cauhan, L.K.S., Saxena, P.N., & Gupta, S.K. (1999). Cytogenetic effects of cypermetrin and fenvalerate on the root meristem cells of *Allium cepa*. *Environ. Exp. Bot.*, 42, 181-189.
12. Chen, C., Zhou, Q., Bao, Y., Li, Y., & Wang, P. (2010). Ecotoxicological effects of polycyclic musks and cadmium on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of environmental sciences (China)*, 22(12), 1966-1973.
13. Constantin, M.J., & Owen, E.T. (1982). Introduction and perspectives of plant genetic and cytogenetic assay. A report of US EPA Gene-Tox programme. *Mutation Research*, 99, 1-12.
14. Czerniawska-Kusza, I., Ciesielczuk, T., Kusza, G., & Cichon, A. (2006). Comparison of the Phytotoxkit microbiotest and chemical variables for toxicity evaluation of sediments. *Environmental Toxicology*, 21(4), 367-372.
15. De Rainho, C.R., Kaezer, A., Aiub, C.A.F., & Felzenszwalb, I. (2010). Ability of *Allium cepa* L. root tips and *Tradescantia pallida* var. *purpurea* in N-nitrosodiethylamine genotoxicity and mutagenicity evaluation. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 82(4), 925-932.

16. Dovgalyuk, A.I., Kalinyak, T.B., & Blyum, Ya.B. (2001). Ocenka fito- i citotoksichnoi aktivnosti tyajelyh metalov i alyuminiya s pomoshch'yu kornevoi apikal'noi meristemy luka [Assessment of phyto- and cytotoxic activity of heavy metals and aluminum using the root apical meristem of onion]. *Citologiya i genetika - Cytology and genetics*, 35(1), 3–9.
Довгалюк А.И., Калиняк Т.Б., Блюм Я.Б. Оценка фито- и цитотоксичной активности тяжелых металлов и алюминия с помощью корневой апикальной меристемы лука. *Цитология и генетика*. 2001. 35, №1. С. 3–9.
17. Dovgalyuk, A.I., Kalinyak, T.B., & Blyum, Ya.B. (2001). Citogeneticheskie efekty solei toksichnyh metalov v kletkah apikal'noi meristemy kornei prorostkov *Allium cepa* L. [Cytogenetic effects of salts of toxic metals in the cells of the apical meristem of the roots of *Allium cepa* L. seedlings]. *Citologiya i genetika - Cytology and genetics*, 35(2), 3–10.
Довгалюк А.И., Калиняк Т.Б., Блюм Я.Б. Цитогенетические эффекты солей токсичных металлов в клетках апикальной меристемы корней проростков *Allium cepa* L. *Цитология и генетика*. 2001. 35, №2. С. 3–10.
18. Fatma, F., Verma, S., Kamal, A., & Srivastava, A. (2018). Phytotoxicity of pesticides mancozeb and chlorpyrifos: correlation with the antioxidative defence system in *Allium cepa*. *Physiology and molecular biology of plants: an international journal of functional plant biology*, 24(1), 115–123.
19. Fiskesjo, G. (1985). The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*, 102, 99–112.
20. Gostimskii, S.A., D'yakov, M.I., Ivanovskaya, E.V., & Monahova, M.A. (1974). Praktikum po citogenetike [Workshop on cytogenetics.]. Moscow, USSR: Moscow State University.
Гостимский С.А., Дьяков М.И., Ивановская Е.В., Монахова М.А. Практикум по цитогенетике. Москва: МГУ, 1974. 275 с.
21. Gvozdenac, S., Indić, D., & Vuković, S. (2013). Phytotoxicity of Chlorpyrifos to White Mustard (*Sinapis alba* L.) and Maize (*Zea mays* L.): Potential Indicators of Insecticide Presence in Water. *Pestic. Phytomed. (Belgrade)*, 28(4), 265–271.
22. Horon, M., Dzhura, N., Romaniuk, O., Shevchyk, L., Senechyn, N., & Terek, O. (2012). Fitotestuvannia yak ekspres-metod otsinky toksychnosti naftozabrudnennykh gruntiv [Phytotesting as an express method of assessing the toxicity of oil-contaminated soils]. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya biologichna – Bulletin of Lviv University. Biological series*, 58, 185–192.
Горон М., Джура Н., Романюк О., Шевчик Л., Сенечин Н., Терек О. Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2012. Випуск 58. С. 185–192.
23. Hrodzynskiy, D.M., Shylina, Yu.V., Kutsokon, N.K. et al. (2006). Zastosuvannia roslynnykh test-system dlia otsinky kombinovanoi dii faktoriv riznoi pryrody: Metodychni rekomendatsii po otsintsi dopustymykh rivniv radionuklidnoho ta khimichnoho zabrudnennia za yikh kombinovanoi dii [The use of plant test systems for the assessment of the combined effect of factors of different nature: Methodological recommendations for the assessment of permissible levels of radionuclide and chemical pollution due to their combined effect]. Kyiv, Ukraine: Phytosocial Center.
Гродзинський Д.М., Шиліна Ю.В., Куцоконь Н.К. та ін. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи: Методичні рекомендації по оцінці допустимих рівнів радіонуклідного та хімічного забруднення за їх комбінованої дії. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.
24. Hrynchyshyn, N.M., Babadzhanova, O.F., & Sosedkos K.S. (2014). Fitotoksychnist naftozabrudnennykh hruntiv na prykladi kres-salatu *Lepidium sativum* L. [Phytotoxicity of oil-contaminated soils on the example of watercress *Lepidium sativum* L.]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of National Technical University of Ukraine*, 24.10, 81–86.
Гринчишин Н.М., Бабаджанова О.Ф., Соседко К.С. Фітотоксичність нафтозабруднених ґрунтів на прикладі крес-салату *Lepidium sativum* L. *Науковий вісник НАТУ України*. 2014. Вип. 24.10. С. 81–86.
25. Hubachov, O.I. (2010). Osoblyvosti vykorystannia roslyn dlia biotestuvannia gruntiv z metoiu vyznachennia rivnia ekolohichnoi bezpeky promyslovykh terytorii [Peculiarities of using plants for biotesting of soils in order to determine the level of ecological safety of industrial areas]. *Nauk. Visn. KUEITU. Novi tekhnologii - Science Visn. KUWAIT. New technologies*, 3(29), 164–171.
Губачов О.І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. *Наук. Вісн. КВЕІТУ. Нові технології*. 2010. № 3 (29). С. 164–171.
26. ISO 11269-2:2012. (2012). Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora – Part 2: Effects of contaminated soil on the emergence and early growth of higher plants. 19 p.

27. Ibrahimova, E.E., Balichyieva, D.V., & Aliiev, E.R. (2006). Ekolohichna i fitotoksychna otsinka zabrudnennia silskohospodarskykh hruntiv Kryma pestytsydamy ta soliamy vazhkykh metaliv [Ecological and phytotoxic assessment of contamination of Crimean agricultural soils with pesticides and heavy metal salts]. *Ekolohiia ta noosferolohiia – Ecology and noospherology*, 17(1–2), 117.
Ібрагімова Е.Е., Балічієва Д.В., Алієв Е.Р. Екологічна і фітотоксична оцінка забруднення сільськогосподарських ґрунтів Крима пестицидами та солями важких металів. *Екологія та ноосферологія*. 2006. Т. 17, № 1–2. С.117.
28. Kendler, B.S., & Koritz, H.G. (1990). Using the *Allium* Test to Detect Environmental Pollutants. *The American Biology Teacher*, 52(6), 372-375.
29. Konovalenko, O.Ie., Sydorovych, M.M., Kovalova, Ye.H., & Kot, C.Iu. (2017). Zminy ristrehuliiuichykh vlastyvostei pokhidnoho spirokarbonu v zalezhnosti vid riznykh kharakterystyk fitotestiv. *Pryrodnychiy almanakh. Serii: Biolohichni nauky - Natural almanac. Series: Biological Sciences*, 24, 57-67.
Коноваленко О.Є., Сидорович М.М., Ковальова Є.Г., Кот С.Ю. Зміни рістрегулюючих властивостей похідного спірокарбону в залежності від різних характеристик фітотестів. *Природничий альманах. Серія: Біологічні науки*. 2017. Вип.24. С. 57-67.
30. Kutsokon, N. (2010). Roslynni test-systemy dlia vyznachennia henotoksychnosti [Plant test systems for determining genotoxicity]. *Visnyk NAN Ukrainy - Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 4, 48-52.
Куцоконь Н. Рослинні тест-системи для визначення генотоксичності. *Вісник НАН України*. 2010. №4. С. 48-52.
31. Leme, D.M., & Marin-Morales, M.A. (2009). *Allium cepa* test in environmental monitoring: a review on its application. *Mutation research*, 682(1), 71–81.
32. Makarenko N.A., & Makarenko, V.V. (2019). Nanotechnologies in crop cultivation: Ecotoxicological aspects. *Biosystems Diversity*, 27(2), 148–155.
Моніторинг довкілля / [В.М. Боголюбов, М.О. Клименко, В.Б. Мокін та ін.]; під ред. В.М. Боголюбова. Вінниця: ВНТУ, 2010. 232 с.
33. Marciulioniene, D., Lukšienė, B., Kiponas, D., Maksimov, G., Darginavičienė, J., & Gavelienė, V. (2007). Effects of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr on the plant *Lepidium sativum* L. growth peculiarities. *Ekologija*, 53(1), 65-70.
34. Matoušková, M., Jurová, J., Grul'ová, D., Wajs-Bonikowska, A., Renčo, M., Sedlák, V., Poráčová, J., Gogal'ová, Z, & Kalemba, D. (2019). Phytotoxic Effect of Invasive *Heracleum mantegazzianum* Essential Oil on Dicot and Monocot Species. *Molecules*, 24(3), 425.
35. Monitorynh dovkillia [Environmental monitoring] (2010). [V.M. Boholiubov, M.O. Klymenko, V.B. Mokin et al.]; V.M. Boholiubov (Ed.). Vinnytsia, Ukraine: VNTU.
36. Mosconi, N., Giulidori, C., Velluti, F., Hure, E., Postigo, A., Borthagaray, G., Back, D. F., Torre, M. H., & Rizzotto, M. (2014). Antibacterial, antifungal, phytotoxic, and genotoxic properties of two complexes of Ag(I) with sulfachloropyridazine (SCP): X-ray diffraction of [Ag(SCP)]_n. *ChemMedChem*, 9(6), 1211–1220.
37. Mtisi, M., & Gwenzi, W. (2019). Evaluation of the phytotoxicity of coal ash on lettuce (*Lactuca sativa* L.) germination, growth and metal uptake. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 170, 750–762.
38. Nilüfer, A., Serap, C., Senay, S., Dilek, Y., & Özelm, Ö. (2008). Evaluation of clastogenicity of 4,6-Dinitro-*o*-cresol (DNOC) in *Allium* root tip test. *J. Biol. Environ. SCL*, 2, 59–63.
39. Ojeredov, S.P., Emec, A.I., Brycun, V.N., Ojeredova, I.P., Lozinskii, M.O., & Blyum Ya.B. (2009). Skrining novykh proizvodnykh 2,4- i 2,6-dinitroanilinov na fitotoksichnost' i antimittoticheskuju aktivnost' [Screening of new derivatives of 2,4- and 2,6-dinitroanilines for phytotoxicity and antimittotic activity]. *Citologiya i genetika - Cytology and genetics*, 43(5), 3-13.
Ожередов С.П., Емец А.И., Брыцун В.Н., Ожередова И.П., Лозинский М.О., Блюм Я.Б. Скрининг новых производных 2,4- и 2,6-динитроанилинов на фитотоксичность и антимитотическую активность. *Цитология и генетика*. 2009. Т.43, № 5. С.3-13.
40. Olkhovych, O.P., & Musiienko, M.M. (2005). Fitoindykatsiia ta fitomonitorynh [Phytoindication and phytomonitoring]. Kyiv, Ukraine: Phytosocial Center.
Ольхович О.П., Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фітомоніторинг. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. 64 с.

41. Pat. 2322669 S2 Rossiiskaya Federaciya, MPK7 G01N033/18, G01N033/24, G01N033/15. Sposob kompleksnogo biotestirovaniya vody, pochvy, biologicheski aktivnyh veschestv v fitotestah [Method for complex biotesting of water, soil, biologically active substances in phytotests] / Garipova, R.F.; zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «Orenburgskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet». 2006108180/13; zayavl. 15.03.2006; opubl. 20.04.2008. Byul. № 11.
Пат. 2322669 С2 Российская Федерация, МПК7, G01N033/18, G01N033/24, G01N033/15. Способ комплексного биотестирования воды, почвы, биологически активных веществ в фитотестах / Гарипова Р.Ф.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет». 2006108180/13; заявл. 15.03.2006; опубл. 20.04.2008. Бюл. № 11.
42. Pausheva, Z.P. (1988). Praktikum po citologii rastenii. Moscow, USSR: Agropromizdat.
Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. Москва: Агропромиздат, 1988. 271 с.
43. Prohorova, I.M., Komarova, M.I., & Fomicheva, A.N. (2003). Ocenka mitotoksicheskogo i mutagennogo deistviya faktorov okrujayuschei sredy: Metodicheskie ukazaniya [Evaluation of mitotoxic and mutagenic effects of environmental factors: Guidelines]. Yaroslavl, Russian Federation: Yaroslavl State University.
Прохорова И.М., Комарова М.И., Фомичева А.Н. Оценка митотоксического и мутагенного действия факторов окружающей среды: Методические указания. Ярославль: Яросл. гос. ун-т., 2003. 32 с.
44. Sharma, C.B. (1983). Plant meristems as monitors of genetic toxicity of environmental chemicals. *Current science*, 52(81), 1000–1002.
45. Smykun, N.V., & Furman, S.S. (2008). Biotestuvannia kolodiaznoi vody z vykorystanniam deiakykh roslyn rodyny *Poaceae* [Biotesting of well water using some plants of the *Poaceae* family]. *Visn. Zaporizkoho nats. un-tu - Visn. Zaporozhye National university*, 1, 183-185.
Смикун Н.В., Фурман С.С. Біотестування колодязної води з використанням деяких рослин родини *Poaceae*. *Вісн. Запорізького нац. ун-ту. Запоріжжя*. 2008. №1. С. 183-185.
46. Sujetovienė, G., & Griauslytė, L. (2008). Toxicity Assessment of Roadside Soil Using Wild Oat (*Avena sativa* L.) and Cress (*Lepidium sativum* L.) Morphometric and Biochemical Parameters. *Environmental Research, Engineering and Management*, 4(46), 29-35.
47. Taladrid, I.J., & Espinosa, M.B. (2021). Seeds of radishes (*Raphanus sativus* L.): observations of its morphology under electron microscopy, germination and usefulness for phytotoxicity studies. *Polibotánica*, 51, 171-183.
48. Tkachuk, N.V., Yanchenko, V.O., Demchenko, A.M., & Sukhovieiev, V.V. (2012). Ristrehuliuiucha aktyvnist syntetychnykh 5-zamishchenykh 4-amino-1,2,4-tryazol-3-tioliv shchodo prorostkiv *Lepidium sativum* L. [Growth-regulatory activity of synthetic 5-substituted 4-amino-1,2,4-triazole-3-thiols on seedlings of *Lepidium sativum* L.]. Materialy Vseukrainskoi naukovopraktychnoi konferentsii «Aktualni pytannia pryrodnych nauk ta metodyky vykladannia» (do 70-yi richnytsi z dnia narodzhennia naukovtsia i pedahoha I.I. Kocherhy). (22-23 liutoho 2012 r., m. Nizhyn) – Materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference «Actual issues of natural sciences and teaching methods» (until the 70th anniversary of birth of scientist and teacher I.I. Kocherga). (February 22-23, 2012, Nizhyn). Nizhin. P. 38.
Ткачук Н.В., Янченко В.О., Демченко А.М., Суховієєв В.В. Рістрегулююча активність синтетичних 5-заміщених 4-аміно-1,2,4-триазол-3-тіолів щодо проростків *Lepidium sativum* L. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні питання природничих наук та методики викладання» (до 70-ї річниці з дня народження науковця і педагога І.І. Кочерги). (22-23-лютого 2012 р., м. Ніжин). Ніжин, 2012. С. 38.
49. Tkachuk, N., Zelena, L., and Fedun, O. (2022). Phytotoxicity of the aqueous solutions of some synthetic surfactant-containing dishwashing liquids with and without phosphates. *Environmental Engineering and Management Journal (EEMJ)*, 21(6), 965-970.

50. Tkachuk, N.V., Yanchenko, V.O., Sukhovieiev, V.V., Barchyna, O.I., & Demchenko, A.M. (2016, kviten 20-22). *Toksychnist pokhidnykh symazynu sbchodo Allium cepa L.* [Toxicity of simazine derivatives to *Allium cepa* L.]. [Materialy konferentsii]. Suchasni ekolohichni problemy ukraïnskoho Polissia ta sumizhnykh terytorii (do 30-yi richnytsi avrii na ChAES) - Modern Environmental Problems of Ukrainian Polissia and Adjacent Territories (to the 30th anniversary of the Chernobyl accident). Mizhnarodna naukovopraktychna konferentsiia. Nizhyn, Ukraine.
Ткачук Н.В., Янченко В.О., Суховієєв В.В., Барчина О.І., Демченко А.М. Токсичність похідних симазину щодо *Allium cepa* L. Матеріали доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні екологічні проблеми українського Полісся та суміжних територій» (до 30-ї річниці аврії на ЧАЕС) (20-22 квітня 2016 р., м. Ніжин). С. 241-244.
51. Wierzbicka, M., Bemowska-Kałabun, O., & Gworek, B. (2015). Multidimensional evaluation of soil pollution from railway tracks. *Ecotoxicology (London, England)*, 24(4), 805–822.

Received: 08.11.2022. Accepted: 23.01.2022. Published: 06.03.2022.

Cite this article in APA Style as:

Tkachuk, N., and Zelena, L. (2022). An onion (*Allium cepa* L.) as a test plant. *BHT: Biota. Human. Technology*, 3, 50–59. (in English)

Information about the authors:

Tkachuk N. [in Ukrainian: Ткачук Н.]¹, Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: natalia.smykun@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5115-7716 Scopus-Author ID: 7801574248
Department of Biology, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Zelena L. [in Ukrainian: Зелена Л.]², Ph.D. in Biol. Sc., Senior Researcher, email: zelenalyubov@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5148-1030
²Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NAS of Ukraine,
154 Akademika Zabolotnoho Street, Kyiv, 03680, Ukraine
³Kyiv National University of Technology and Design,
2 Nemyrovycha-Danchenka Street, Kyiv, 01011, Ukraine

¹ Study design, data collection, manuscript preparation.

² Data collection, manuscript preparation.

UDC 638.1:355(477-51)

Олександр Лукаш, Андрій Давиденко, Єгор Пирожков
ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ТА НАСЛІДКИ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ
НА БДЖІЛЬНИЦТВО У ПОЛІСЬКІЙ ЧАСТИНІ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ



Oleksandr Lukash, Andrey Davidenko, Yehor PyrozHKov

ECOLOGICAL FACTORS AND CONSEQUENCES OF THE MILITARY ACTIONS INFLUENCE
ON BEEKEEPING IN THE CHERNIHIV REGION POLESIA PART

DOI: 10.58407/bht.3.22.6

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Лукаш, О., Давиденко, А., Пирожков, Є., 2022

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Встановлення екологічних аспектів негативного впливу військових дій на сучасний стан та подальший розвиток бджільництва у поліській частині Чернігівської області (Україна).

Методологія. Використано дані з доступних джерел, що відображують стан бджільництва в Україні. Проведене соціологічне опитування 62-х бджолярів. Проводилося спостереження за поведінкою бджіл на двох пасіках, а також фотографування, відеозйомка, аудіозапис до, під час та після військових дій. У роботі використано дані лабораторних аналізів санітарно-гігієнічної лабораторії щодо забруднення ґрунту нафтопродуктами та важкими металами у місцях ведення бойових дій. Для розрахунку прогнозованого вмісту важких металів у меді в місцях відбору проб ґрунту використовували лінійні регресійні рівняння залежності вмісту важких металів у меді від вмісту важких металів у ґрунті.

Наукова новизна. Визначено та класифіковано фактори, які спричинили військові дії 2022 року і деструктивно вплинули на стан та розвиток бджільництва у поліській частині Чернігівської області. Встановлено наслідки військових дій, які знизили позитивні екологічні ефекти бджільництва у регіоні, зокрема: зміни поведінкових реакцій бджіл, зменшення чисельності бджолиних сімей, зменшення обсягів та загроза якості продукції бджільництва (насамперед меду).

Висновки. Військові дії, які відбувалися і відбуваються на території поліської частини Чернігівської області, спричинили появу низки факторів насамперед екологічних, які деструктивно вплинули на стан та розвиток бджільництва, насамперед фактори безпосередньої дії (механічне знищення пасік, шумове та сейсмічне забруднення місць утримування бджіл та територій медозбору) та фактори опосередкованого впливу – соціальні та техногенно-хімічні.

Активні військові дії у поліській частині Чернігівської області спричиняли зміщення часу перебігу сезонних явищ у бджіл (насамперед весняного очисного обльоту), а шумовий ефект під час вибухів майже удвічі підвищував ранг агресії бджолиних сімей.

Наслідком військових дій у поліській частині Чернігівської області є зменшення кількості бджолосімей у регіоні, насамперед у прикордонних територіях. Це може призвести до зменшення біологічної продуктивності екосистем регіону, яка реалізується через відтворення видових популяцій бджоли медоносної та бджолозапильних рослин.

В місцях ведення бойових дій внаслідок забруднення ґрунту нафтопродуктами та важкими металами існує загроза екологічній безпечності продукції бджільництва. На підставі прогнозу вмісту важких металів (Zn, Pb, Cu) у меді за вмістом важких металів у ґрунті в місцях активних бойових дій доведено, що такі ділянки не придатні для збору екологічно безпечного меду.

Ключові слова: бджільництво, війна, екологічні наслідки, екологічні фактори, Полісся, Україна

ABSTRACT

Purpose of the work. To establish the ecological aspects of the negative impact of military actions on the current state and further development of beekeeping in the Chernihiv region Polesia part (Ukraine).

Methodology. The data of available sources reflecting the state of beekeeping in Ukraine were used. A sociological survey of 62 beekeepers was conducted. Observations of the behavior of bees in two apiaries, as well as photography, video recording, audio recording before, during and after military operations were carried out. The laboratory analyzes data of the sanitary and hygienic laboratory on soil contamination with oil products and heavy metals in the places of hostilities were used. The linear regression equations of the dependence of the heavy metal content in copper on the heavy metal content in the soil were used to calculate the predicted heavy metal content in copper at the soil sampling points.

Scientific novelty. The factors that caused the military actions of 2022 and had a destructive effect on the state and development of beekeeping in the Chernihiv region Polesia part were determined and classified. The consequences of military actions that reduced the positive ecological effects of beekeeping in the region, in particular: changes in the behavioral reactions of bees, a decrease in the number of bee colonies, a decrease in volumes and a threat to the quality of beekeeping products (primarily honey) were established.

Conclusions. The military actions that took place and are taking place in the territory of the Chernihiv region Polesia part caused the appearance of a number of factors primarily ecological that had a destructive effect on the state and development of beekeeping, primarily factors of direct action (mechanical destruction of apiaries, noise and seismic pollution of beekeeping places and honey collection areas) and factors indirect influence – social, technogenic and chemical.

Active military operations in the Chernihiv region Polesia part caused a shift in the timing of seasonal phenomena in bees (primarily the spring cleaning flight), and the noise effect during the explosions almost doubled the level of aggression of bee colonies.

The consequence of military operations in the Chernihiv region Polesia part is a decrease in the number of bee colonies in the region, primarily in the border areas. This can lead to a decrease in the biological productivity of the region's ecosystems, which is realized through the reproduction of species populations of honey bees and bee-pollinated plants.

There is a threat to the ecological safety of beekeeping products in places where hostilities are being conducted due to soil contamination with oil products and heavy metals. Based on the prediction of the content of heavy metals (Zn, Pb, Cu) in honey based on the content of heavy metals in the soil in the places of active hostilities, it was proved that such areas are not suitable for collecting ecologically safe honey.

Key words: beekeeping, ecological consequences, ecological factors, Polesia, Ukraine, war.

Постановка проблеми

Бджільництво є важливим екологічним чинником. Значення бджільництва для утримання екологічного балансу природно-територіальних комплексів виявляється через низку опосередкованих впливів. Висівання та підсівання медоносів в місцях ерозій та суфозій запобігає розвитку цих руйнівних процесів. Підсівання медоносних рослин на луках, пасовищах, в садах є важливим агро-технічним заходом для підвищенні родючості ґрунту, врожайності сільськогосподарських та лісових культур (за рахунок їх ефективного запилення) і нектаропродуктивності угідь. Нектар медоносів сприяє розмноженню корисних комах, які знищують шкідників плодових та овочевих культур. Важливе і те, що населення забезпечується медом та іншими бджолопродуктами для здорового харчування [15].

За даними науковців, медоносні бджоли впродовж 40–100 млн. років пристосовувалися до різних природно-кліматичних і медозбірних умов. За цей період у бджіл

сформувалася низка умовних і безумовних рефлексів, спрямованих на виживання соціуму [4]. Як продовження цієї думки у контексті впливу довкілля на рослини і медоносну бджолу, В.Д. Броварський з спів-авторами [3] наголошує, що нераціональне використання земельних угідь, впровадження інтенсивних технологій виробництва і переробки продукції, застосування генетично модифікованих організмів, біологічно активних і гормональних препаратів, хімічних речовин й інші чинники суттєво погіршили умови існування медоносних бджіл. За останні кілька десятиріч років у всьому світі крім різкого скорочення чисельності бджолиних сімей відбувається зниження їх продуктивності та резистентності до хвороб. Цілком ймовірно, що глобальне потепління і кормові ресурси теж істотно впливають на життєдіяльність бджіл і призводять до їх загибелі [3].

Про актуальність проблеми одержання екологічно чистої продукції бджільництва свідчать публікації, присвячені екотоксико-

логічній оцінці впливу пестицидів на медоносних бджіл [2], залежності вмісту важких металів у продукції бджільництва від рівня техногенного забруднення агроекологічного середовища [12]. Низка закордонних публікацій останніх років присвячена аналізу вмісту важких металів у зразках меду окремих регіонів, зокрема Італії [18], Ірану [17] та вдосконаленню методів аналізу важких металів у продукції бджільництва [1; 13].

Актуальною є проблема радіоактивного забруднення продукції бджільництва. У цьому аспекті здійснено прогноз радіоактивного забруднення бджолиного меду та обніжжя в умовах радіоактивного забруднення Житомирського Полісся [14]. У контексті проблеми раціонального використання лучних екосистем Полісся, які зазнали радіоактивного впливу і тривалий час не перебували у господарському використанні, за показниками вмісту радіонуклідів і важких металів у ґрунті та рослинах здійснено прогноз можливості використання *Solidago canadensis* L. як медоносного ресурсу у літньо-осінній період [16].

Проблема «бджільництво і військові дії» у світових наукових розробках висвітлена у аспекті використання медоносних бджіл для виявлення вибухонебезпечних матеріалів, зокрема наземних мін. Результати наукових пошуків Університету Монтани показують досить ефективні результати виявлення мін з використанням комах [19]. Вченими Боснії та Герцеговини й Хорватії запропоновано біогібридну систему для виявлення наземних мін, що включає у себе застосування двох взаємодоповнюючих методів: пасивного відбору проб й активного пошуку [9].

Нажаль, військова агресія Росії в Україну сприяла актуальності ще одному аспектові згаданої проблеми – екологічним наслідкам впливу військових дій на бджільництво.

У Чернігівській області бджільництво є традиційним напрямком органічного виробництва. Початок періоду екологічного продуктивного бджільництва пов'язаний з ім'ям П.І. Прокоповича, який у 1814 р. винайшов рамковий (як він його називав «втулковий») вулик. Завдяки цьому з'явилася можливість добування чистого меду без навмисного знищення бджолиних сімей, яким не передбачалось навмисне знищення комах перед відбиранням у них меду.

Поліська частина Чернігівської області – регіон, природні умови якого були і є сприятливими для розвитку бджільництва. Ця прикордонна територія у 2022 р. зазнала всебічного деструктивного впливу під час військових дій.

Метою нашого дослідження є встановлення екологічних аспектів негативного впливу військових дій на сучасний стан та подальший розвиток бджільництва у поліській частині Чернігівської області.

Матеріали та методи дослідження

Під час виконання дослідження використані дані з доступних джерел, що відображують стан бджільництва в Україні [5–7; 10; 22].

Для дослідження було проведене соціологічне опитування бджолярів, які мають пасіки у поліській частині Чернігівської області. Опитування бджолярів проводилося як під час особистого спілкування (23 особи), так і в соціальних мережах (39 осіб). Розповіді та відповіді респондентів на поставлені запитання досить часто були небагатослівними й стриманими. Бджолярі не погоджувалися ділитися фотознімками пасік, які зазнали ушкоджень (особливо з місцевостей, які знаходяться поруч з державним кордоном).

Проводилося спостереження за поведінкою бджіл на двох невеликих (5–7 сімей) пасіках на території Чернігівського району Чернігівської області, а також фотографування, відеозйомка, аудіозапис до, під час та після військових дій.

У роботі використано дані лабораторних аналізів санітарно-гігієнічної лабораторії ДУ «Чернігівський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України» щодо забруднення ґрунту нафтопродуктами та важкими металами у місцях ведення бойових дій.

Для розрахунку прогнозованого вмісту важких металів у меді у місцях відбору проб ґрунту використовували лінійні регресійні рівняння залежності вмісту важких металів у меді від вмісту важких металів у ґрунті [16].

Результати та їх обговорення

Фактори негативного впливу військових дій на бджільництво

У поліській частині Чернігівської області, як і в Україні у цілому, з початком війни потенціал бджільництва скоротився.

Через воєнні дії відбулися певні втрати в галузі: значне руйнування пасік та виробничої бази, скорочення виробництва, оскільки на непідконтрольних територіях не можна отримувати продукцію [22]. Військові дії спричинили появу екологічних, економічних та соціальних факторів, які деструктивно вплинули на стан та розвиток бджільництва у поліській частині Чернігівської області. Зазначені фактори за способом впливу можна також розподілити на дві групи: фактори безпосередньої дії та фактори опосередкованого впливу на бджільництво.

До групи факторів безпосередньої дії належать фізичні (механічне знищення пасік (рис. 1 та 2), шумове та сейсмічне (зокрема, різка механічна дія на клуби бджіл під час вибухів взимку авіаційних бомб,



Рис. 1. Знищена пасіка в одному з господарств (Чернігівська область)

Під час обстрілів у поліській частині Чернігівської області було знищено частину господарств, у яких були пасіки. Для порівняння, бджільництво на сході України взагалі опинилося під загрозою подальшого існування як галузі [21].

Шумове забруднення під час обстрілів є дуже небажаним, дратівливим чинником, який негативно впливає на поведінку бджіл, наприклад, під час зимівлі, весняного очисного обльоту, діяльності робочих бджіл, власне процесу медозбору тощо.

Детонації боєприпасів викликали занепокоєння бджіл узимку, адже мерзла земля є пружним середовищем, яке передає звукову хвилю з великою швидкістю та на великі відстані. Бджолярі з прикордонних сіл стверджують, що в зимовий період від детонації снарядів спостерігалася розпа-

ракет, снарядів, мін тощо), забруднення місць утримування бджіл та територій медозбору) та агробіотичні (знищення та зменшення кормової бази бджільництва).

Є приклади забирання військовослужбовцями наступаючих підрозділів російських військ наповнених медом рамок з вуликів для споживання в якості їжі. На рис. 1 зображено розкидані «вручну» вулики одного з таких господарств. З відкритих вуликів були забрані рамки з медом. Інші ж були просто розкидані навколо їх корпусів. Зрозуміло, що це призвело до загибелі всіх бджолиних сімей. На рис. 2 зображено вулик, розстріляний з автоматичної зброї, що було помстою бджолиній сім'ї, яка обороняла своє житло від незаконного вторгнення до нього.



Рис. 2. Розстріляний вулик (Чернігівська область)

дання клубів бджіл, що найчастіше призводило до загибелі сімей. Клуб бджіл – це стан бджолиної сім'ї в період зимового спокою; середовище існування, яке створюється бджолами. У правильно сформованому зимовому клубі бджоли витрачають мало енергії, тому живуть довше, ніж літні бджоли. Поверхня клубу складається зі щільно сидячих бджіл, які утворюють своєрідну кірку, що запобігає втраті тепла. Під час вибухів спостерігалася надмірна несвоєчасна активізація бджіл (зокрема вихід бджіл назовні з вулика), що призводило до передчасного виснаження та загибелі значної частини комах. Під час миттєвого розпадань (осипання) клубів внаслідок вибухів бджолині сім'ї при низьких температурах зовнішнього середовища не могли зібратись і досягти необхід-

ної біомаси, щоб підняти температуру в клубі до необхідного рівня. В результаті такого перебігу подій комахи масово гинули від переохолодження.

Під час обстрілів у поліській частині Чернігівської області були знищені не лише окремі дерева та групи дерев, а й лісові ділянки, що були кормовою базою для бджільництва. Значна частина сільгоспугідь (полів), що зазнали обстрілів, не досліджена мінерами і тому не використовується за призначенням, тобто не засівається культурами, які належать до медоносів. З іншого боку, незасіяні поля заросли бур'янами, серед яких є медоноси. У безпосередній близькості до ліній бойових дій (загалом потенційно небезпечна лінія зіткнення з Росією та Білоруссю становить 1200 км) заборонено сіяти соняшник. Це пояснюється тим, що у заростях цієї культури легко ховати ворожу техніку. Як наслідок, скорочення посіву цього року оцінюється у 30%. Але ж ця культура є і основним предметом експорту (соняшникова олія) та основним медоносом України. Водночас, у деяких областях значно збільшилися посіви гречки (до війни 50 % цієї культури імпортувалася з Росії) [10]. Але, за нашими спостереженнями, бджоли взагалі не відвідують квітки деяких сучасних сортів гречки.

Серед факторів, які опосередковано негативно вплинули на бджільництво у поліській частині Чернігівської області, ми виділяємо соціальні (покинуті чи обділені належним доглядом пасіки внаслідок переселення господарів з місць бойових дій чи мобілізації господарів до ЗСУ), економічні (порушення логістики та маркетингу у бджолярстві), техногенно-хімічні (забруднення нафтопродуктами та важкими металами місцезростань медоносів, спричинені негативними подіями техногенного походження бід час бойових дій) фактори та фактори прогнозованої небезпеки територій для ведення бджільництва. Здійснимо їх огляд.

З перших тижнів війни у зоні ведення бойових дій гостро постала проблема пасік, які покинули господарі. Частина пасік обділена належним доглядом. У зв'язку з мобілізацією до ЗСУ господарів пасік, частина пасік залишилась без догляду, оскільки господарі виконували низку важливих у бджільництві робіт, зокрема:

ремонт вуликів та обладнання їх вентиляцією, надання допомоги бджолам під час весняного очисного обльоту, проведення весняної ревізії (тобто детальний огляд усіх сімей пасіки), забезпечення їх додатковим харчуванням, (наприклад, цукровим сиропом, що спонукає королеву до початку активного відкладання яєць, чим забезпечується збільшення кількості робочих бджіл після виходу з зимівлі), здійснення племінної роботи, догляд за бджолиними сім'ями після головного медозбору тощо.

Великих труднощів бджолярам завдають логістичні проблеми, пов'язані з військовими діями. У зв'язку з порушенням маркетингової мережі у бджолярстві України під час військових дій бджолярі регіону не завжди мають змогу придбати препарати для боротьби з шкідниками бджіл, а також відправляти вироблену продукцію до місць її реалізації.

Частина екосистем, які є кормовою базою бджільництва, насамперед ліси та узлісся, прогнозовано забруднена вибухо-небезпечними пристроями, які не розірвалися або свідомо залишені військовими. В Чернігівській області заборонено перебувати у лісах, тому території, куди можна було кочувати з пасіками, обмежені. Це значно звужує потенційні площі територій для медозбору, не дозволяючи вивозити пасіки на раніше обжиті місця.

Як бачимо, військові дії сприяли появі насамперед негативних екологічних чинників, що становлять ризик для бджільництва у поліській частині Чернігівської області, насамперед на прикордонних територіях (рис. 3).

Зазначені фактори є визначальними у зниженні позитивних екологічних ефектів бджільництва. Ці фактори викликали зміни поведінкових реакцій бджіл, чисельності бджолиних сімей у регіоні, зменшення обсягів та загрозу якості продукції бджільництва, зокрема меду.

Зміна етологічних реакцій бджіл

Під час ведення активних бойових дій навесні 2022 року у поліській частині Чернігівської області були зміщені терміни (у бік запізнення) весняного очисного обльоту бджіл, першого масового обльоту після зимівлі. Зазвичай його проводять у теплий весняний день, коли повітря нагрівається до 6–8 °C (15–16 °C [11]).



Рис. 3. Чинники негативного впливу військових дій на бджільництво у поліській частині Чернігівської області

У випадках, коли початок очисного обльоту (перші бджоли вилетіли із вуликів, звільнилися від калових мас і повернулися до своїх вуликів) перебивався звуками артилерійських обстрілів, бджолярі спостерігали збільшення часу (від звичайного) до очікуваного масового залишення вулик для очисного обльоту – бджолині сім’ї (навіть сильні, що добре перезимували) проводили очисний обліт в’яло, недружно.

Зазвичай очисний обліт бджіл може триває від 20-ти хвилин до 1-ї години. Під час обстрілів спостерігали збільшення часу обльоту до 2 годин. Відстань підняття бджіл від вуликів у повітря, як і у попередніх роках, становила 5–15 м.

Під час шумових ефектів, створених пострілами, бджолярі спостерігали підвищення ступеня агресії бджолиних сімей – намірів ужалити (рис. 4).



Рис. 4. Агресивність бджіл-збиральниць щодо людини під час вибуху

До того ж агресивність спостерігалася не лише у бджіл-охоронців (які охороняють вулик, стоять навпроти льотка), а й у бджіл-розвідниць та бджіл-збиральниць, які покидали вулик і поверталися з пилком і нектаром. Ранг агресії на рівні колонії був оцінений за запропонованою нами 10-бальною шкалою, де максимальне значення – це

намір ужалити, що виявляється у всіх особин бджолої сім'ї. У момент вибухів він зростав з 3-х до 7-и.

Зниження активності бджіл щодо медозбору під час шумового забруднення, викликаного вибухами, не спостерігалася (рис. 5).

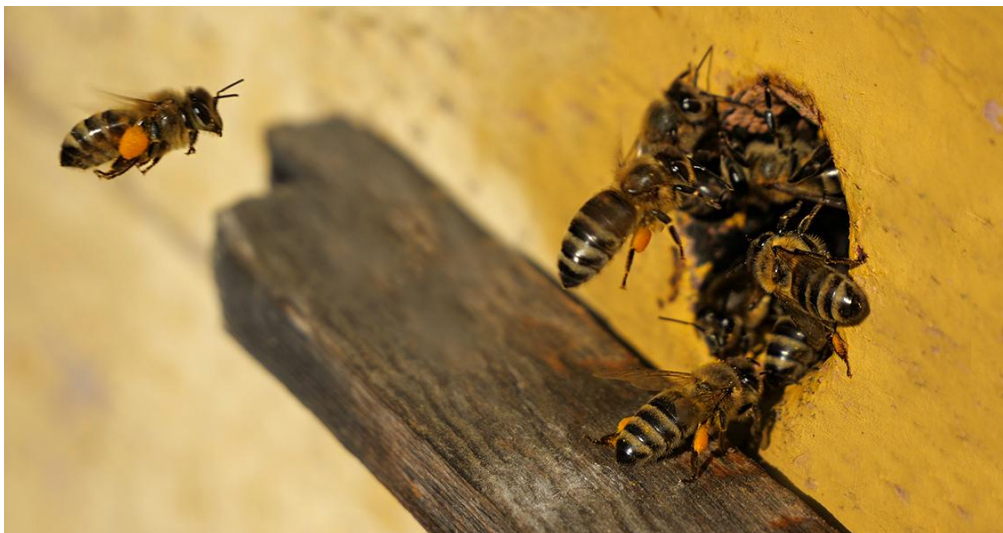


Рис. 5. Активний рух бджіл під час медозбору

Зменшення чисельності бджолосімей та біопродуктивності екосистем

Зруйновані пасіки в Україні становлять 110,4 тис. бджолосімей з наявних 2,3 млн. Втрати у цьому сегменті оцінюють у \$0,1 млрд. Також 25,2 тис. бджолосімей загинуло та зникло [6]. На думку фахівців, в Україні у 2022 р. галузь уже скоротилася щонайменше на 30 % (при тому, що погодні умови були дуже сприятливими для бджільництва), а врятує її тільки відданість бджолярів і той факт, що 90 % пасік в Україні – приватні і вони були розповсюджені по всій території країни. Та, зважаючи на попередні втрати і специфіку поточного сезону, навіть за сприятливих погодних умов із зимівлі вийде не більше 50-60 % бджолосімей. У 2023 році очікується скорочення галузі на 50 % [7].

На Чернігівщині у 2022 р. зареєстровано та паспортизовано 1409 пасік, в яких налічується 56,6 тис. бджолосімей [5]. Усі бджологосподарства внесені до Реєстру паспортів пасік. Водночас незареєстровані пасіки роблять значний внесок у забезпечення населення продуктами бджільництва. За результатами опитування 62-х бджолярів

з прикордонних територій Чернігівської області, внаслідок військових дій у 21 % респондентів пасіки втрачені, а у 19 % – кількість бджолосімей на пасіках зменшилася внаслідок військових дій (рис. 6). У респондентів сумарний обсяг основних продуктів бджільництва (меду та воску) у середньому зменшився у 2,5 рази.

Зменшення кількості бджолосімей у регіоні може призвести ще до одного негативного екологічного ефекту. Запилення є не лише обов'язковим агротехнічним заходом збільшення врожайності ентомофільних сільськогосподарських культур, а й важливим фактором насінневої продуктивності рослин природних фітоценозів – незапилені квітки відмирають, не утворюючи насіння. Деякі рослини є вузькоспеціалізованими щодо запилювачів. Саме тому зменшення кількості бджолосімей у поліській частині Чернігівської області може призвести до зменшення біологічної продуктивності екосистем регіону, яка реалізується через відтворення видових популяцій бджоли медоносної та бджолозапильних рослин.

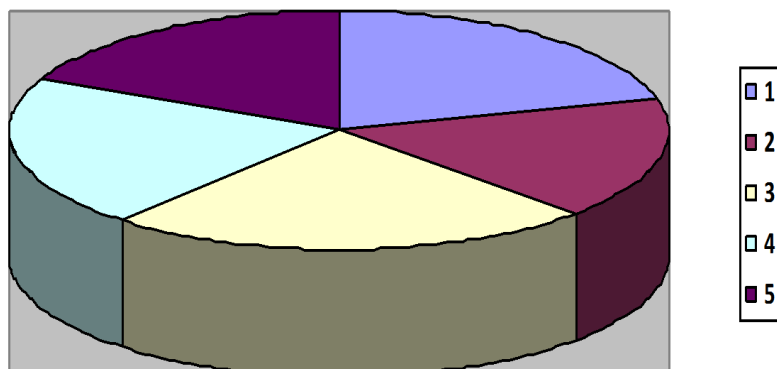


Рис. 6. Причини зміни чисельності бджолосімей навесні 2022 р. у прикордонних територіях Чернігівської області: 1 – пасіка втрачена внаслідок військових дій (13; 21%); 2 – пасіка втрачена внаслідок інших причин (10; 16%); 3 – кількість бджолосімей зменшилася внаслідок військових дій (15; 24%); 4 – кількість бджолосімей зменшилася внаслідок інших причин (13; 21%); 5 – кількість бджолосімей не змінилася (11; 18%)

Загроза екологічній безпечності продукції бджільництва

За даними санітарно-гігієнічної лабораторії ДУ «Чернігівський ОЦКПХ МОЗ» у зразках ґрунту, відібраних з територій

(потенційних місць медозбору), де локалізувалися загарбницькі війська та велися військові дії, містяться значні кількості нафтопродуктів та важких металів (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст нафтопродуктів у ґрунті потенційних місць медозбору

Місце відбору	Дата відбору	Вміст, мг/кг	ГДК, мг/кг	Перевищення, разів
Корюківський район, с. Воловики, 30 м від місця розливу	06.06.2022	4100,0	1000,0	4,1
Корюківський район, с. Воловики, 40 м від місця розливу	06.06.2022	17630,0	1000,0	17,8
Чернігівський р-н, с. Рівнопілля	30.06.2022	1105,0	1000,0	1,1

За ланцюгами живлення нафтопродукти через рослини можуть потрапити до продукції бджільництва. Крім того, у неякісній вошині, там де є похідні нафтопродуктів, бджоли живуть у чужому, отруйному для них, середовищі. І лише після того, як бджола такий віск очистить, запрополісує комірки, вона починає працювати. Скорочується і тривалість життя таких бджіл: від 30-ти днів до 18-ти [20].

У табл. 2 наведено результати аналізу вмісту важких металів в ґрунті у потен-

ційних місцях медозбору у сільських місцевостях поліської частини Чернігівської області, де велися військові дії. Раніше [16] на основі фактичних даних про вміст важких металів у меді, рослинах та ґрунті для лучних екосистем Чернігівського Полісся було встановлено кореляції у системах мед – рослина та мед – ґрунт, а також визначено найвищі концентрації важких металів у ґрунті, за яких їх вміст у меді буде на рівні ГДК (табл. 3).

Таблиця 2

**Вміст важких металів (ВМ) у ґрунті в місцях військових дій
на території Чернігівського району Чернігівської області**

№	Місце відбору проби	Дата відбору	ВМ	Вміст у ґрунті, мг/кг	ГДК, мг/кг	Перевищення ГДК, разів
1	с. Вишневе	06.06.2022	Pb	81,6	6,0	13,6
2	с. Слобода	22.06.2022	Pb	14,0	6,0	2,3
3	с. Ягідне	22.06.2022	Pb	7,8	6,0	1,3
4	с. Ягідне	22.06.2022	Zn	112,0	23,0	4,9
5	с. Ягідне	22.06.2022	Cu	3,2	3,0	1,1
6	с. Іванівка	22.06.2022	Pb	88,0	6,0	14,7
7	с. Березанка	30.06.2022	Pb	8,2	6,0	1,4
8	с.м.т. Михайло-Коцюбинське	30.06.2022	Pb	6,7	6,0	1,1
9	с. Рівнопілля,	30.06.2022	Pb	10,5	6,0	1,8
10	с. Юр'ївка,	30.06.2022	Zn	105,0	23,0	4,6
11	с. Старий Білоус	08.07.2022	Zn	38,0	23,0	1,7
12	с. Старий Білоус	08.07.2022	Zn	42,5	23,0	1,8
13	с.м.т. Седнів	08.07.2022	Pb	14,5	6,0	2,4

Таблиця 3

**Залежність вмісту важких металів (ВМ) у меді від вмісту ВМ
у ґрунті (за [16])**

ВМ	Лінійне регресійне рівняння залежності	r	p	r ²	Найвищий вміст ВМ у ґрунті, за якого вміст ВМ в меді буде на рівні ГДК
Zn	$y = -0,2038 + 0,0682 \cdot x$	0,9784	0,00000	0,9572	46,97
Pb	$y = 0,0303 + 0,2752 \cdot x$	0,9437	0,00001	0,8907	3,5
Cu	$y = -0,0092 + 0,3752 \cdot x$	0,9858	0,00000	0,9719	2,69

За цими даними видно, що найвищий вміст важких металів у ґрунті, за якого вміст ВМ в меді буде на рівні ГДК, для Zn становитиме 46,97 мг/кг, для Pb – 3,5 мг/кг, для Cu – 2,69 мг/кг. Порівнявши ці дані з результатами лабораторних досліджень вмісту важких металів у ґрунті в місцях активних бойових дій (табл. 2), можна стверджувати, що досліджені ділянки за

прогнозованими показниками вмісту важких металів не придатні для збору меду.

Використовуючи лінійні регресійні рівняння залежності вмісту важких металів у меді від вмісту важких металів у ґрунті (табл. 3), ми розрахували прогнозований вміст важких металів у меді у точках відбору проб ґрунту. Одержані результати наведено у табл. 4 та графічно представлено на рис. 7.

Таблиця 4

**Прогнозований вміст важких металів (ВМ) у меді з потенційних медозборів
у місцях військових дій на території Чернігівського району Чернігівської області***

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ВМ	Pb	Pb	Pb	Zn	Cu	Pb	Pb	Pb	Pb	Zn	Zn	Zn	Pb
Вміст, мг/кг	22,49	3,88	2,18	7,43	1,19	24,25	2,29	1,87	2,92	6,96	2,39	3,69	4,02

*Місця відбору проб див. у табл. 2.

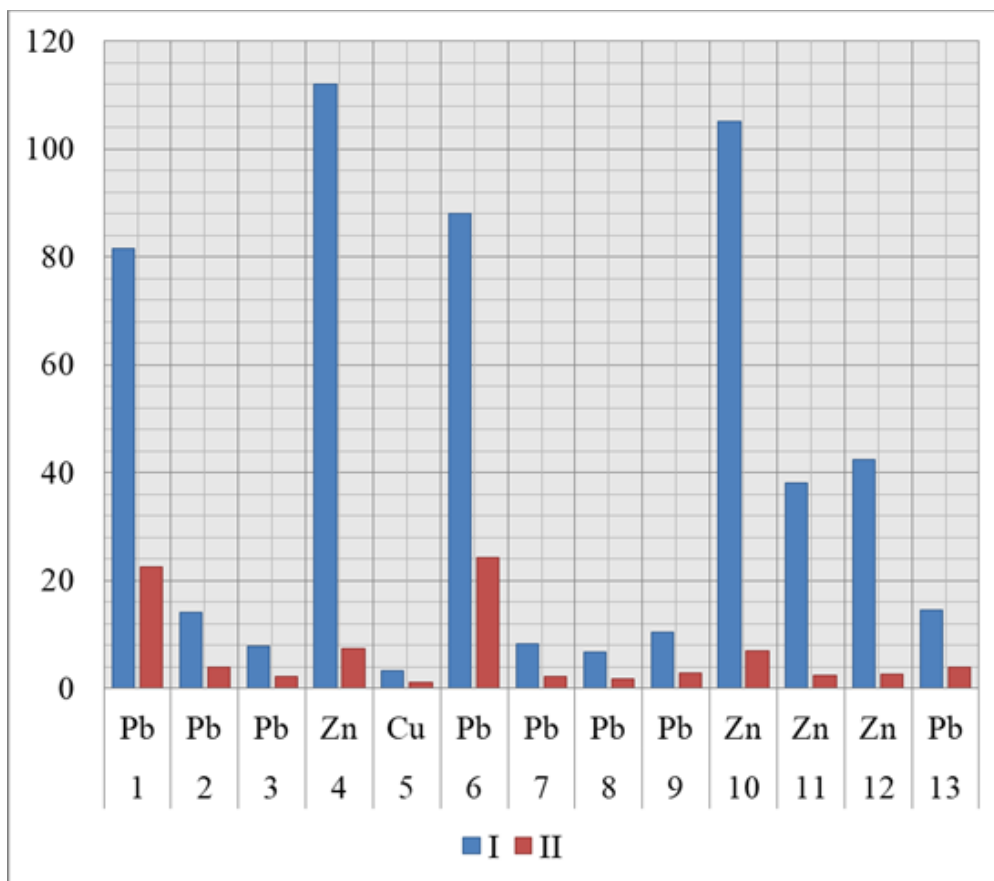


Рис. 7. Вміст важких металів у місцях військових дій на території Чернігівського району Чернігівської області: I – фактичний, у ґрунті (мг/кг); II – прогнозований, у меді (мг/кг). Місця відбору проб див. у табл. 2

Зазначимо, що згідно ДСТУ 4497:2005 [8] ГДК у меді для Zn, Pb, Cu відповідно становить 3 мг/кг, 1 мг/кг та 1 мг/кг. Натомість мінімальний прогнозований вміст важких металів у меді перевищує допустимі стандартом значення, крім вмісту Zn для проби № 11 (с. Старий Білоус). Отже, за прогнозованими показниками вмісту важких металів (Zn, Pb, Cu) екосистеми в місцях активних бойових не придатні для збору екологічно безпечного меду.

Висновки

Військові дії, які відбувалися і відбуваються на території поліської частини Чернігівської області, спричинили появу низки факторів, насамперед екологічних, які деструктивно вплинули на стан та розвиток бджільництва, насамперед фактори безпосередньої дії (механічне знищення пасік, шумове та сейсмічне забруднення місць утримування бджіл та територій медозбору) та фактори опосередкованого впливу – соціальні та техногенно-хімічні.

Активні військові дії у поліській частині Чернігівської області спричиняли зменшення часу перебігу сезонних явищ у бджіл (насамперед весняного очисного обльоту), а шумовий ефект під час вибухів майже удвічі підвищував ранг агресії бджолиних сімей.

Наслідком військових дій у поліській частині Чернігівської області є зменшення кількості бджолосімей у регіоні, насамперед у прикордонних територіях. Це може призвести до зменшення біологічної продуктивності екосистем регіону, яка реалізується через відтворення видових популяцій бджоли медоносної та бджолозапильних рослин.

В місцях ведення бойових дій внаслідок забруднення ґрунту нафтопродуктами та важкими металами існує загроза екологічній безпечності продукції бджільництва. На підставі прогнозу вмісту важких металів (Zn, Pb, Cu) у меді за вмістом важких металів у ґрунті в місцях активних бойових дій доведено, що такі ділянки не придатні для збору екологічно безпечного меду.

References

1. Aghamirlou, H. M., Khadem, M., Rahmani, A., Sadeghian, M., Mahvi, A., Akbarzadeh, A., & Nazmara, S. (2015). Heavy metals determination in honey samples using inductively coupled plasma-optical emission spectrometry. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 13, 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0189-8>
2. Brovarskiy, V. D., Holovetskiy, I. I., & Shtanko, D. H. (2012). Ekotoksikologichna otsinka vplyvu pestytsydiv na medonosnykh bdzhil [Ecotoxicological assessment of the effect of pesticides on honey bees]. *Visnyk Zhytomirskoho ahroekologichnoho universytetu (Naukovo-teoretychnyi zbirnyk) – Bulletin of the Zhytomir Agroecological University (Scientific and theoretical collection)*, 1 (30), 267–270.
Броварський В.Д., Головецький І.І., Штанько Д.Г. Екотоксикологічна оцінка впливу пестицидів на медоносних бджіл. *Вісник Житомирського агроекологічного університету (Науково-теоретичний збірник)*. 2012. Т. 30. № 1. С. 267–270.
3. Brovarskiy, V. D., Turdaliev, A. T., & Mirzakhmedova, G. I. (2020). High temperatures and their effects on plants and bees. *Animal Science and Food Technology*, 11 (2), 5–15.
4. Brovarskiy, V. D., Turdaliiev, A. T., & Mirzakhmedova, H. I. (2020). Vplyv dovkillia na roslyny i medonosnu bdzholu [The influence of the environment on plants and the honey bee]. *AbroTerra: osvita, nauka ta biznes – AgroTerra: Education, science and business*, 1(8), 30–33.
Броварський В.Д., Турдалієв А.Т., Мірзахмедова Г.І. Вплив довкілля на рослини і медоносну бджолу. *АгроТерра: освіта, наука та бізнес*. 2020. 1(8). С. 30–33.
5. Bublyk, O. (2022, lystopad 14). Na Chernihivshchyni ne bulo vypadkiv masovoi zahybeli bdzhil [There were no cases of mass death of the bees in Chernihiv Region]. *AgroTimes*. <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/na-chernigivshhyni-ne-bulo-vypadkiv-masovoyi-zagybeli-bdzhil/>
Бублик О. На Чернігівщині не було випадків масової загибелі бджіл. *AgroTimes*. 14 листопада 2022. URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/na-chernigivshhyni-ne-bulo-vypadkiv-masovoyi-zagybeli-bdzhil/> (дата звернення: 26.11.2022).
6. Bublyk, O. (2022, zhovten 28). Priami zbytky tvarynnytstva vid viiny otsiniuiut u \$0,4 mlrd. [Direct losses of animal husbandry from the war are estimated at \$0.4 billion.]. *AgroTimes*. <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/pryami-zbytky-tvarynnyctva-vid-vijny-ocziynyuyut-u-04-mlrd%ef%bf%bc/>
Бублик О. Прямі збитки тваринництва від війни оцінюють у \$0,4 млрд. *AgroTimes*. 28 жовтня 2022. URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/pryami-zbytky-tvarynnyctva-vid-vijny-ocziynyuyut-u-04-mlrd%ef%bf%bc/> (дата звернення: 26.11.2022).
7. Bublyk, O. (2022, lystopad 11). U 2023 rotsi haluz bdzhilnytstva mozhe skorotytsia napolovynu [In 2023, the beekeeping industry may halve]. *AgroTimes*. <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/u-2023-rotsi-galuz-bdzhilnyctva-mozhe-skorotytsia-napolovynu/>
Бублик О. У 2023 році галузь бджільництва може скоротитися наполовину. *AgroTimes*. 11 листопада 2022. URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/u-2023-rotsi-galuz-bdzhilnyctva-mozhe-skorotytsia-napolovynu/> (дата звернення: 26.11.2022).
8. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2007). *Med naturalnyi. Tekhnichni umovy* (DSTU 4497:2005; chynnyi vid 2005-12-28) [Natural honey. Specifications. (DSTU 4497: 2005; effective from 2005-12-28)]. Kyiv. DSTU 4497:2005. Мед натуральний. Технічні умови. [Чинний від 2005-12-28]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 21 с.
9. Filipi, J., Stojnić, V., Muštra, M., Gillanders, R. N., Jovanović, V., Gajić, S., Turnbull, G. A., Babić, Z., Kezić, N., & Risojević, V. (2022). Honeybee-based biohybrid system for landmine detection. *Science of The Total Environment*, 803:150041. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150041>

10. Hurman, A. (2022, lypen 13). Bdzhilnytstvo Ukrainy pid chas viiny [Beekeeping of Ukraine during the war]. *Pasika vid A do Ya – Apiary from A to Z*. <https://pasika.news/bdzhilnyctvo-ukrayiny-pid-chas-vijny/>
Гурман А. Бджільництво України під час війни. *Пасіка від А до Я*. 13 липня 2022. URL: <https://pasika.news/bdzhilnyctvo-ukrayiny-pid-chas-vijny/> (дата звернення: 26.11.2022).
11. Ivanova, V. D. (2009). *Tekhnolohiia vyrobnytstva produktiv bdzhilnytstva: kurs lektzii [Production technology of beekeeping products: a course of lectures]*. Mykolaiv: MDAU.
Іванова В.Д. Технологія виробництва продуктів бджільництва: курс лекцій. Миколаїв: МДАУ, 2009. 245 с.
12. Kovalchuk, I. I., & Fedoruk, R. S. (2013). Vmist vazhkykh metaliv u tkanynakh bdzhil ta yikh produktsii zalezno vid ahroekolohichnykh umov Karpatskoho rehionu [Content of heavy metals in the bee tissues and products depending on agroecological conditions of the Carpathians region]. *Biolohiia tvaryn – The Animal Biology*, 15 (4), 54–65. http://nbuv.gov.ua/UJRN/bitv_2013_15_4_8
Ковальчук І.І., Федорук Р.С. Вміст важких металів у тканинах бджіл та їх продукції залежно від агро-екологічних умов Карпатського регіону. *Біологія тварин*. 2013. Т. 15. № 4. С. 54–65. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bitv_2013_15_4_8 (дата звернення: 22.09.2022).
13. Kupchyk, O. (2017). Stripping voltamperometric determination of heavy metals in honey samples. *Chemistry & Chemical Technology*, 11 (3), 285–290. <https://doi.org/10.23939/chcht11.03.285>
14. Lisohurska, D. V. (2017). Zakonomirnosti mihratsii ¹³⁷Cs u lantsiuhu grunt-roslyna ripaku v umovakh radioaktyvnoho zabrudnennia Zhytomyrskoho Polissia [Regularities of the ¹³⁷Cs migration in the chain of soil-plant for rapeseeds in conditions of radioactive contamination of the Zhytomyr Polesie]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahroarhivnoho universytetu. Seriya: Tvarynnytstvo – Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: Livestock*, 5/2 (32), 61–66.
Лісогурська Д.В. Закономірності міграції ¹³⁷Cs у ланцюгу ґрунт-рослина ріпаку в умовах радіоактивного забруднення Житомирського Полісся. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. 2017. Вип. 5/2 (32). С. 61–66.
15. Lukash, O. V., Davydenko, A. A., & Pyrozhekov, Ye. P. (2022, hruden 1–2). Bdzhilnytstvo yak tradytsiina ekolohichna haluz poliskoi chastyny Chernihivskoi oblasti ta chynnyky zahrozy yii vnaslidok viiskovykh dii [Beekeeping as a traditional ecological branch of the Chernihiv region Polesia part and factors threatening it as a result of military operations] [Materialy konferentsii]. Ekolohiia. Dovkillia. Enerhozberezhennia. 2022 – Ecology. Environment Energy saving. 2022. III mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsia, Poltava, NUPP.
Лукаш О.В., Давиденко А.А., Пирожков Є.П. Бджільництво як традиційна екологічна галузь поліської частини Чернігівської області та чинники загрози їй внаслідок військових дій. *Екологія. Довкілля. Енергозбереження. 2022*: збірник матеріалів III міжнар. наук.-практ конф. (Полтава, 1–2 груд. 2022 р.). Полтава: НУПП, 2022. С. 160–163.
16. Lukash, O., Strilets, S., Yakovenko, O., Miroshnyk, I., Dayneko, N., Sliuta, A., Kupchyk, O., Morozova, I., & Sazonova, O. (2021). Prediction (on the content of radionuclides and heavy metals) of the *Solidago canadensis* L. use as a honey resource in Polesie. *Ecological Questions*, 32 (4), 35–47.
17. Mahmoudi, R., Mardani, K., & Rahimi, B. (2015). Analysis of Heavy Metals in Honey from North-Western Regions of Iran. *Journal of Chemical Health Risks*, 5 (4), 251–256. <https://dx.doi.org/10.22034/jchr.2018.544114>
18. Naccari, C., Macaluso, A., Giangrosso, G., Naccari, F., & Ferrantelli, V. (2014). Risk assessment of heavy metals and pesticides in honey from Sicily (Italy). *Journal of Food Research*, 2, 107–117. <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n2p107>
19. Rodacy, P. J., Bender, S. F., Bromenshenk, J. J., Henderson, C. B., & Bender, G. L. (2002). Training and deployment of honeybees to detect explosives and other agents of harm. *Proceedings of the SPIE*, 4742, 474–481. <https://doi.org/10.1117/12.479119>

20. Sariohlo, I. (2022, kviten 26). Osnova bdzhilnytstva, to ye visk [The basis of beekeeping is wax]. *Pasika vid A do Ya – Apiary from A to Z*. <https://pasika.news/yurij-kulakov-osnova-bdzhilnycztva-to-ye-visk/>
Саріогло І. Основа бджільництва, то є віск. *Пасіка від А до Я*. 26 квітня 2022. URL: <https://pasika.news/yurij-kulakov-osnova-bdzhilnycztva-to-ye-visk/> (дата звернення: 26.11.2022).
21. Vasytkivska, T. (2022, cherven 26). V Ukraini formuiut reiestr postrazhdalykh cherez viinu pasik [In Ukraine, a register of victims of the war of beehives is being formed]. *Zemliak – Countryman*. <https://zemliak.com/news/gospodarstvo/2836-v-ukrajini-formuyut-reyestr-postrazhdalih-cherez-viynu-pasik>
Васильківська Т. В Україні формують реєстр постраждалих через війну пасік. *Земляк*. 26 червня 2022. URL: <https://zemliak.com/news/gospodarstvo/2836-v-ukrajini-formuyut-reyestr-postrazhdalih-cherez-viynu-pasik> (дата звернення: 24.11.2022).
22. Yarmolenko, T. (2022, serpen 23). Viina ta vidsutnist medonosiv skorotyly vyrobnytstvo medu v Ukraini [The war and the lack of honey bees reduced the production of honey in Ukraine]. *AgroPortal.ua*. <https://agroportal.ua/publishing/lichnyi-vzglyad/viyna-ta-vidsutnist-medonosiv-skorotili-virobnictvo-medu-v-ukrajini>
Ярмоленко Т. Війна та відсутність медоносів скоротили виробництво меду в Україні. *AgroPortal.ua*. 23 серпня 2022. URL: <https://agroportal.ua/publishing/lichnyi-vzglyad/viyna-ta-vidsutnist-medonosiv-skorotili-virobnictvo-medu-v-ukrajini> (дата звернення: 22.11.2022).

Received: 11.01.2023. Accepted: 23.01.2023. Published: 06.03.2023.

Cite this article in APA Style as:

Лукаш, О., Давиденко, А., Пирожков, Є., (2022). (2022). Екологічні фактори та наслідки впливу військових дій на бджільництво у польській частині Чернігівської області [Ecological factors and consequences of the military actions influence on beekeeping in the Chernihiv region Polesia part]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 3, 60–72. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Lukash O. [*in Ukrainian: Лукаш О.*] ¹, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: lukash2011@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2702-6430 Scopus-Author ID: 57202369398

Department of Ecology and Nature Conservation, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Davidenko A. [*in Ukrainian: Давиденко А.*] ², Dr. of Ped. Sc., Prof., email: davidenko_an@ukr.net

ORCID: 0000-0003-1542-8475

Department of Mathematics and Natural Sciences, K.D. Ushynskiy Chernihiv Regional Institute of Postgraduate Pedagogical Education
83 Slobidska Street, Chernihiv, 14021, Ukraine

Pirozhkov Ye. [*in Ukrainian: Пирожков Є.*] ³, Student, email: isuffer990@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2022-9606

Department of Ecology and Nature Conservation, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, manuscript preparation.

² Data collection.

³ Statistical analysis.



MAN AND HIS HEALTH
ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я



UDC 611.018.51:615.451.1

Halyna Tkachenko, Natalia Kurhaluk, Lyudmyla Buyun,
Vitaliy Honcharenko, Andriy Prokopiv

IN VITRO PROTECTIVE EFFECT OF LEAF EXTRACT OF *FICUS DELTOIDEA* JACK
(*MORACEAE*) ON BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS IN THE HUMAN ERYTHROCYTES



Галина Ткаченко, Наталія Курхалюк, Людмила Буюн,
Віталій Гончаренко, Андрій Прокопів

ЗАХИСНИЙ ЕФЕКТ *IN VITRO* ЕКСТРАКТУ, ОТРИМАНОГО З ЛИСТЯ *FICUS DELTOIDEA*
JACK (*MORACEAE*), НА БІОМАРКЕРИ ОКИСНЮВАЛЬНОГО СТРЕСУ
В ЕРИТРОЦИТАХ ЛЮДИНИ

DOI: 10.58407/bht.3.22.7

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Tkachenko, H., Kurhaluk, N., Buyun, L., Honcharenko, V., Prokopiv, A., 2022

ABSTRACT

Purpose: to investigate the antioxidant properties of the aqueous extracts derived from leaves of *Ficus deltoidea* using the model of human blood. For this purpose, oxidative stress biomarkers [2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), content of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins, total antioxidant capacity (TAC)] in the human erythrocytes after *in vitro* incubation with aqueous extracts derived from leaves of *F. deltoidea* (at a final concentration of 5 mg/mL and 0.5 mg/mL) were used. Resistance of human erythrocytes after *in vitro* treatment by aqueous extracts derived from leaves of *F. deltoidea* (at a final concentration of 5 mg/mL and 0.5 mg/mL) was evaluated by HCl-induced hemolysis using a percentage of hemolyzed erythrocytes per each 30 sec. and a total time of hemolysis.

Methodology. The leaves of *F. deltoidea* were collected in M.M. Gryshko National Botanic Garden (Kyiv, Ukraine). Blood (10-20 mL) was obtained from normal volunteers via venipuncture (4 males and 5 females aged 28-53 years old). An erythrocyte suspension at 1% hematocrit was incubated with 4 mM phosphate buffer (pH 7.4) (control) and pre-incubated with the extract of *F. deltoidea* (at a final concentration of 5 mg/mL and 0.5 mg/mL, respectively) at 37 °C for 60 min. The level of lipid peroxidation was determined by quantifying the concentration of 2-thiobarbituric acid reacting substances (TBARS). The rate of protein oxidative destruction was estimated from the reaction of the resultant carbonyl derivatives of amino acid reaction with 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNFH). The total antioxidant capacity (TAC) in the samples was estimated by measuring the TBARS level after Tween 80 oxidation. The HCl-induced resistance of erythrocytes was measured spectrophotometrically with 0.1M HCl. The significance of differences (significance level, $p < 0.05$) was examined using the Mann-Whitney *U* test.

Scientific novelty. The treatment of human erythrocytes by extract derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 5 mg/mL resulted in an increase of TBARS as biomarkers of lipid peroxidation and aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins with a simultaneous decrease in the total antioxidant capacity compared to the untreated samples. On the other hand, *in vitro* treatment of human erythrocytes with an extract derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 0.5 mg/mL resulted in the same values of TBARS level, aldehydic and ketonic derivatives of OMP, and total antioxidant capacity as the untreated samples. Extract of *F. deltoidea* at the final concentrations of 5 mg/mL and 0.5 mg/mL possess hemolytic properties to human erythrocyte suspension after 1-h incubation *in vitro*.

Conclusions. The changes in the oxidative stress biomarkers using the *in vitro* model of human erythrocytes to evaluate the antioxidant activities of the aqueous extract derived from the leaves of *F. deltoidea* at the two final concentrations (5 mg/mL and 0.5 mg/mL) revealed that high concentration of extract (5 mg/mL) resulted in the increase of lipid peroxidation and protein oxidation with a simultaneous decline in the total antioxidant capacity. HCl-induced hemolysis was activated after the treatment by extract derived from the leaves of *F. deltoidea* at the two final concentrations. More studies are warranted in the future, to illustrate the potential and mechanisms of *F. deltoidea* in preventing oxidative stress using different cell models *in vitro* and different final concentrations of the extract. Also, further studies are warranted to identify the bioactive components that contribute to this protective effect.

Key words: *Ficus deltoidea* Jack, human erythrocytes, lipid peroxidation, oxidatively modified proteins, total antioxidant capacity, hemolysis.

АНОТАЦІЯ

Мета: дослідити антиоксидантні властивості водних екстрактів, отриманих із листя *Ficus deltoidea*, на моделі крові людини. Для цього досліджували біомаркери окиснювального стресу [реактивні речовини, які реагують з 2-тіобарбітуровою кислотою (ТБК-продукти), вміст альдегідних і кетонних похідних окиснювально модифікованих білків, загальна антиоксидантна активність (ЗАА)] в еритроцитах людини після інкубації *in vitro* з водними екстрактами, отриманими з листя *F. deltoidea* (у кінцевій концентрації 5 та 0,5 мг/мл). Стійкість еритроцитів після обробки *in vitro* водними екстрактами, отриманими з листя *F. deltoidea* (у кінцевій концентрації 5 та 0,5 мг/мл), оцінювали шляхом HCl-індукованого гемолізу, використовуючи відсоток гемолізованих еритроцитів на кожні 30 сек. гемолізу і загальний час гемолізу.

Методологія. Листки *F. deltoidea* були зібрані в Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка (Київ, Україна). Кров (10-20 мл) була отримана від здорових добровольців шляхом венепункції (4 чоловіків і 5 жінок у віці 28-53 років). Суспензію еритроцитів при 1 % гематокриту інкубували з 4 мМ фосфатним буфером (рН 7,4) (контроль) і інкубували з екстрактом *F. deltoidea* (у кінцевій концентрації 5 і 0,5 мг/мл відповідно) при 37 °C впродовж 60 хв. Рівень перекисного окиснення ліпідів оцінювали за кількісним визначенням концентрації ТБК-продуктів. Швидкість окисної деструкції білка оцінювали за реакцією утворених карбонільних похідних амінокислот з 2,4-динітрофенілгідразином. Загальну антиоксидантну активність (ЗАА) у зразках оцінювали шляхом вимірювання рівня ТБК-продуктів після окиснення Tween-80. Стійкість еритроцитів до HCl вимірювали спектрофотометрично з 0,1 М HCl. Достовірність різниць (рівень значущості, $p < 0,05$) досліджували за *U*-критерієм Манна-Уїтні.

Наукова новизна. Обробка еритроцитів людини екстрактом, отриманим із листя *F. deltoidea*, у кінцевій концентрації 5 мг/мл призвела до підвищення ТБК-продуктів як біомаркерів перекисного окиснення ліпідів та альдегідних похідних окиснювально модифікованих білків з одночасним зниженням загальної антиоксидантної активності порівняно з необробленими зразками. З іншого боку, обробка *in vitro* еритроцитів людини екстрактом, отриманим з листя *F. deltoidea*, у кінцевій концентрації 0,5 мг/мл призвела до подібних значень рівня ТБК-продуктів, альдегідних і кетонних похідних окиснювально модифікованих білків, а також загальної антиоксидантної активності як і у необроблених зразках. Екстракт *F. deltoidea* в кінцевих концентраціях 5 і 0,5 мг/мл проявляє гемолітичні властивості щодо суспензії еритроцитів людини після 1-годинної інкубації *in vitro*.

Висновки. Зміни біомаркерів окиснювального стресу з використанням моделі еритроцитів людини *in vitro* для оцінки антиоксидантної активності водного екстракту, отриманого з листя *F. deltoidea* у двох кінцевих концентраціях (5 та 0,5 мг/мл) показали, що вища концентрація екстракту (5 мг/мл) призводила до посилення перекисного окиснення ліпідів і окиснення білків з одночасним зниженням загальної антиоксидантної активності. Показано також активацію HCl-індукованого гемолізу після обробки екстрактом, отриманим з листя *F. deltoidei*, у двох кінцевих концентраціях. У майбутньому необхідні додаткові дослідження, щоб проілюструвати потенціал і механізми дії екстракту *F. deltoidea* у запобіганні окиснювальному стресу з використанням різних клітинних моделей *in vitro* та різних кінцевих концентрацій екстракту. Крім того, необхідні подальші дослідження для виявлення біоактивних компонентів, які сприяють цьому захисному ефекту.

Ключові слова: *Ficus deltoidea* Jack, еритроцити людини, перекисне окиснення ліпідів, окиснювально модифіковані білки, загальна антиоксидантна активність, гемоліз.

Introduction

The angiosperm family *Moraceae* represents morphologically quite diverse plant groups, including terrestrial and hemi-epiphytic trees, shrubs, lianas, subshrubs, and herbs. Its distribution range lies mostly within the tropics and subtropics with several taxa extending to the temperate zone [5; 10; 12]. Among 37 genera of *Moraceae* comprising 1050-1100 species in total, *Ficus* L. is the largest one with ca. 750 species of tropical and subtropical distribution worldwide. Its characteristic features include the presence of waxy glands on vegetative plant parts, heterostyly, and prolonged protogyny, i.e., the anthesis of staminate flowers in already mature fruits. These features are functionally linked to the unique pollination mode in *Ficus*, which involves mutualistic relationships with agaonid wasps (order *Hymenoptera*) and has

attracted much research interest over the last two centuries [6; 11].

Ficus deltoidea Jack (*Moraceae*) is an evergreen shrub or a small tree that is widely distributed in Southeast Asian countries such as Thailand, Sumatra, Java, Kalimantan, Sulawesi, and Moluccas [28]. It is a well-known medicinal plant used in customary medication to reduce and mend sicknesses such as ulcers, psoriasis, cytotoxicity, cardioprotective, inflammation, jaundice, vitiligo, hemorrhage, diabetes, convulsion, hepatitis, dysentery injuries, wounds, and stiffness [4]. *F. deltoidea* contains a wide variety of bioactive compounds from different phytochemical groups such as alkaloids, phenols, flavonoids, saponins, sterols, terpenes, carbohydrates, and proteins [4; 8; 25]. The methanolic extract of *F. deltoidea* leaves has been reported to be rich in tannins, alkaloids, saponins, phenols, flavones,

isoflavones, and flavonoids [16]. The antioxidant property of the *F. deltoidea* extract was revealed through a total phenolic content and ferric reducing antioxidant potential (FRAP) assay by M.H. Omar and co-workers [25]. It was found that flavan-3-ol monomers and proanthocyanidins contributed 85 % of the antioxidant activity of the aqueous extract of *F. deltoidea* [8].

In our previous studies, we assessed *in vitro* antioxidant activities of aqueous extracts derived from leaves of juvenile and mature shoots of *Ficus pumila* L. [32] and leaf extract of *Ficus drupacea* Thunb. using equine blood as a biological model for cytotoxic studies [31]. The current study was designed to investigate the antioxidant properties of the aqueous extracts derived from leaves of *F. deltoidea* using the model of human blood. Erythrocytes are well equipped to degrade reactive oxygen species *via* the actions of superoxide dismutase that converts O₂ into H₂O₂, which is further catabolized by catalase and glutathione peroxidase [20]. As hemolysis is the cytotoxicity indicator, hemolytic assays are performed to check the hemolytic effect of compounds before establishing their pharmacological preparations [29]. In the current study, erythrocytes are used as a model system for studying oxidative damage induced by HCl and its pathophysiology.

Thus, the purpose of our study was to evaluate the oxidative stress biomarkers [2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), content of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins, total antioxidant capacity (TAC)] in the human erythrocytes after *in vitro* incubation with aqueous extracts derived from leaves of *F. deltoidea* (at a final concentration of 5 mg/mL and 0.5 mg/mL). Resistance of human erythrocytes after *in vitro* treatment by aqueous extracts derived from leaves of *F. deltoidea* (at a final concentration of 5 mg/mL and 0.5 mg/mL) was evaluated by HCl-induced hemolysis using a percentage of hemolyzed erythrocytes per each 30 sec. and a total time of hemolysis.

Material and methods

Collection of Plant Materials and Preparation of Plant Extracts. The leaves of *F. deltoidea* were collected in M.M. Gryshko National Botanic Garden (Kyiv, Ukraine). The whole collection of tropical and subtropical plants at M.M. Gryshko National Botanic Garden (Kyiv, Ukraine) (including *Ficus* spp. plants) has the status of a National Heritage

Collection of Ukraine. Plant samples were thoroughly washed to remove all the attached material and used to prepare extracts. Freshly collected leaves were washed, weighed, crushed, and homogenized in 0.1M phosphate buffer (pH 7.4) (in the proportion of 1:19, w/w) at room temperature. The extracts were then filtered and used for analysis. All extracts were stored at -25 °C until use.

Collection of human blood samples. Blood (10-20 mL) was obtained from normal volunteers *via* venipuncture (4 males and 5 females aged 28-53 years old). The Research Ethics Committee of the Regional Medical Commission in Gdańsk (Poland) approved the study (KB-31/18). All patients provided written informed consent before the start of the study procedures. Human erythrocytes from citrated blood were isolated by centrifugation at 3,000 rpm for 10 min and washed two times with 4 mM phosphate buffer (pH 7.4) and then re-suspended using the same buffer to the desired hematocrit level. Cells stored at 4 °C were used within 6 h of sample preparation. An erythrocyte suspension at 1% hematocrit was incubated with 4 mM phosphate buffer (pH 7.4) (control) and pre-incubated with the extract of *F. deltoidea* (at a final concentration of 5 mg/mL and 0.5 mg/mL, respectively) at 37 °C for 60 min. This reaction mixture was shaken gently while being incubated for a fixed interval at 37 °C. Erythrocyte aliquots were used in the study.

The 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) assay. The level of lipid peroxidation was determined by quantifying the concentration of 2-thiobarbituric acid reacting substances (TBARS) with the V.S. Kamyschnikov [18] method for determining the malonic dialdehyde (MDA) concentration. This method is based on the reaction of the degradation of the lipid peroxidation product, MDA, with 2-thiobarbituric acid (TBA) under high temperature and acidity to generate a colored adduct that is measured spectrophotometrically. The nmol of per 1 mL was calculated using $1.56 \cdot 10^5 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ as an extinction coefficient.

The carbonyl derivatives of protein oxidative modification (OMP) assay. To evaluate the protective effects of the extract against free radical-induced protein damage in erythrocytes, carbonyl derivatives of oxidative modification of proteins (OMP) assay based on the spectrophotometric measurement of aldehydic and ketonic derivatives was performed. The rate of protein oxidative

destruction was estimated from the reaction of the resultant carbonyl derivatives of amino acid reaction with 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNFH) as described by R.L. Levine and co-workers [19] and as modified by Dubinina and co-workers [13]. Carbonyl groups were determined spectrophotometrically from the difference in absorbance at 370 nm (aldehydic derivatives, OMP₃₇₀) and 430 nm (ketonic derivatives, OMP₄₃₀).

Measurement of total antioxidant capacity (TAC).

The TAC level in the samples was estimated by measuring the 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) level after Tween 80 oxidation. This level was determined spectrophotometrically at 532 nm according to Galaktionova et al. [14]. The sample inhibits the Fe²⁺/ascorbate-induced oxidation of Tween 80, resulting in a decrease in the TBARS level. The level of TAC in the sample (%) was calculated with respect to the absorbance of the blank sample.

Assay of HCl-induced Resistance of Erythrocytes.

The HCl-induced resistance of erythrocytes was measured spectrophotometrically with 0.1M HCl [30]. The assay is based on measuring the dynamics of erythrocyte disintegration into hemolytic reagent action. The time of hemolytic reagent action serves as the measure of erythrocyte resistance. The assay mixture contained 5 mL of 1% erythrocyte suspension and 0.05 mL of 0.1M HCl. The absorbance was read at 540 nm every 30 seconds after HCl addition till the end of hemolysis. The difference in absorbance at the beginning and at the end of hemolysis was determined as 100% (total hemolysis). The disintegration of erythrocytes (%) at every 30 seconds was expressed as a curve.

Statistical analysis. The mean ± S.E.M. values were calculated for each group to determine the significance of the intergroup difference. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test ($p > 0.05$). The significance of differences (significance level, $p < 0.05$) was examined using the Mann-Whitney *U* test [37]. All statistical calculations were performed on separate data with Statistica v. 13.3 software (TIBCO Software Inc., Krakow, Poland).

Results and discussion

The data on TBARS content as a biomarker of lipid peroxidation, aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins (OMP), and total antioxidant capacity (TAC) in the human erythrocytes after *in vitro* incubation with leaf extract of *F. deltoidea* at the final concentrations 5 mg/mL and 0.5 mg/mL were presented in Fig. 1.

In vitro incubation of human erythrocytes with an extract derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 5 mg/mL resulted in a significant increase in TBARS level of $(37.97 \pm 1.76 \text{ nmol/mL})$ compared to the untreated samples $(23.38 \pm 1.08 \text{ nmol/mL})$. The increase in TBARS level was by 62.4% ($p < 0.05$) (Fig. 1A). On the other hand, *in vitro* incubation of human erythrocytes with an extract derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 0.5 mg/mL resulted in the same values of TBARS level as untreated samples $(26.24 \pm 1.22 \text{ nmol/mL vs. } 25.65 \pm 1.19 \text{ nmol/mL})$ (Fig. 1B).

The levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins were also changed in erythrocyte samples treated with an extract derived from leaves of *F. deltoidea* compared to the untreated samples. When erythrocytes were incubated with the extract derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 5 mg/mL, the levels of aldehydic derivatives were statistically significantly increased by 21.2% ($p < 0.05$), i.e. $(25.35 \pm 0.94 \text{ nmol/mL})$ vs. $(20.92 \pm 0.97 \text{ nmol/mL})$ (Fig. 1A). On the other hand, when erythrocytes were incubated with the extract derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentrations 0.5 mg/mL, the levels of aldehydic derivatives were at the same level $(19.70 \pm 0.91 \text{ nmol/mL})$ as untreated samples $(18.41 \pm 0.85 \text{ nmol/mL})$. Levels of ketonic derivatives of oxidatively modified proteins were at the same level after treatment by extract derived from leaves of *F. deltoidea* both at the final concentrations 5 mg/mL and 0.5 mg/mL, $(26.46 \pm 1.23 \text{ nmol/mL})$ vs. $(25.92 \pm 1.20 \text{ nmol/mL})$ for extract at the final concentrations 5 mg/mL and $(23.03 \pm 1.07 \text{ nmol/mL})$ vs. $(23.86 \pm 1.11 \text{ nmol/mL})$ for extract at the final concentrations 0.5 mg/mL (Fig. 1).

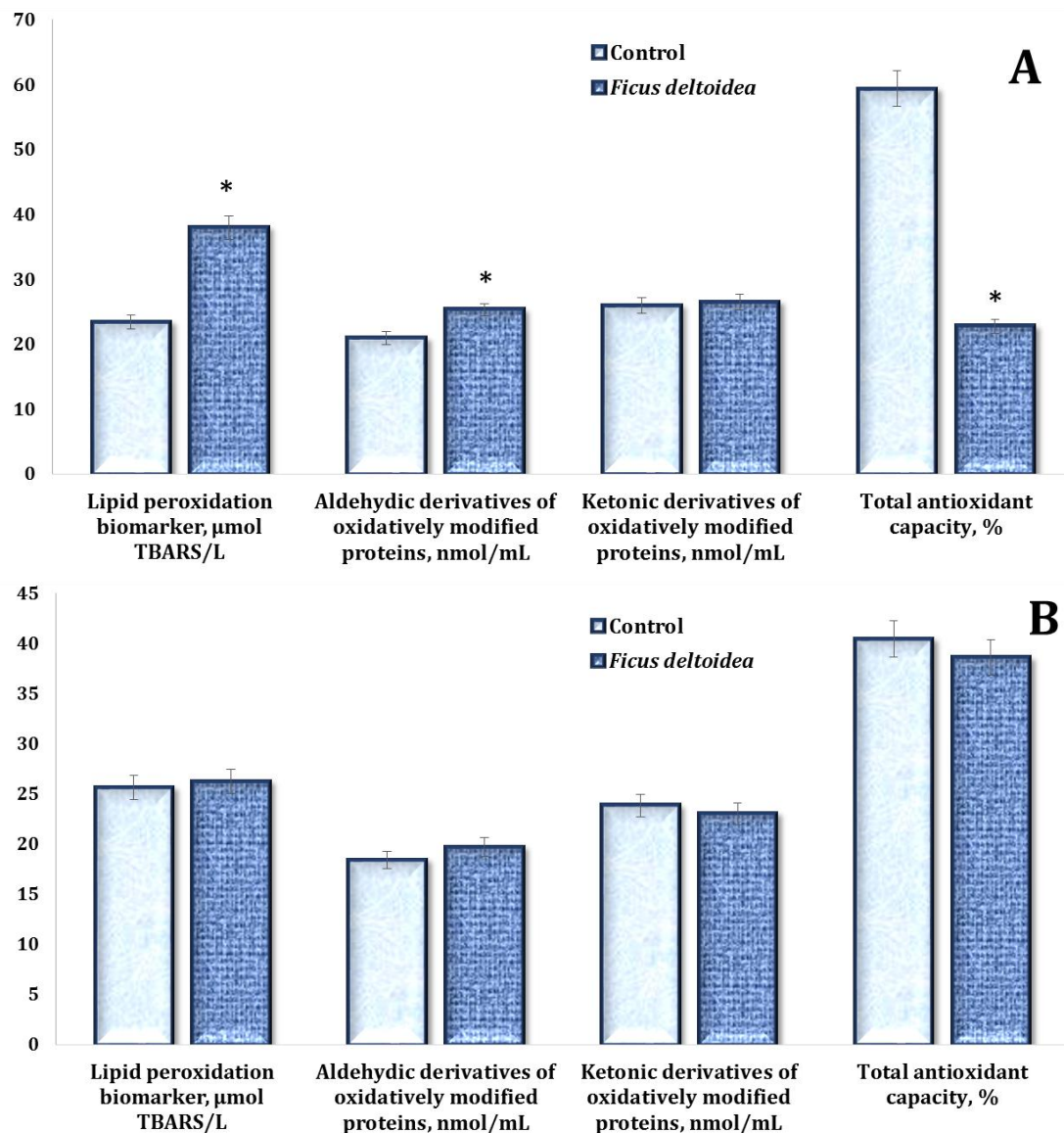


Fig. 1. The TBARS content as a biomarker of lipid peroxidation, aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins (OMP), and total antioxidant capacity (TAC) in the human erythrocytes after *in vitro* incubation with leaf extract of *F. deltoidea* at the final concentrations 5 mg/mL (A) and 0.5 mg/mL (B).

* - changes were statistically significant ($p < 0.05$) compared to the untreated samples ($n = 9$)

Also, a non-significantly decreased TAC level was observed after incubation with an extract derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 0.5 mg/mL (by 4.6%, $p > 0.05$). On the other hand, when erythrocytes were incubated with the extract derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 5 mg/mL, the levels of TAC were statistically significantly decreased by 61.6% ($p < 0.05$), i.e. (22.78 ± 1.06 nmol/mL) *vs.* (59.34 ± 2.75 nmol/mL) (Fig. 1A).

Thus, aqueous extracts derived from leaves of *F. deltoidea* (at the final concentration of

5 mg/mL) after incubation *in vitro* with the human erythrocytes exhibited prooxidant properties. On the other hand, when erythrocytes were incubated with the extract derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 0.5 mg/mL, the levels of oxidative stress biomarkers were unchanged (Fig. 1B).

Results of HCl-induced hemolysis of the human erythrocytes after treatment by aqueous extracts derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 5 mg/mL and 0.5 mg/mL were presented in Fig. 2.

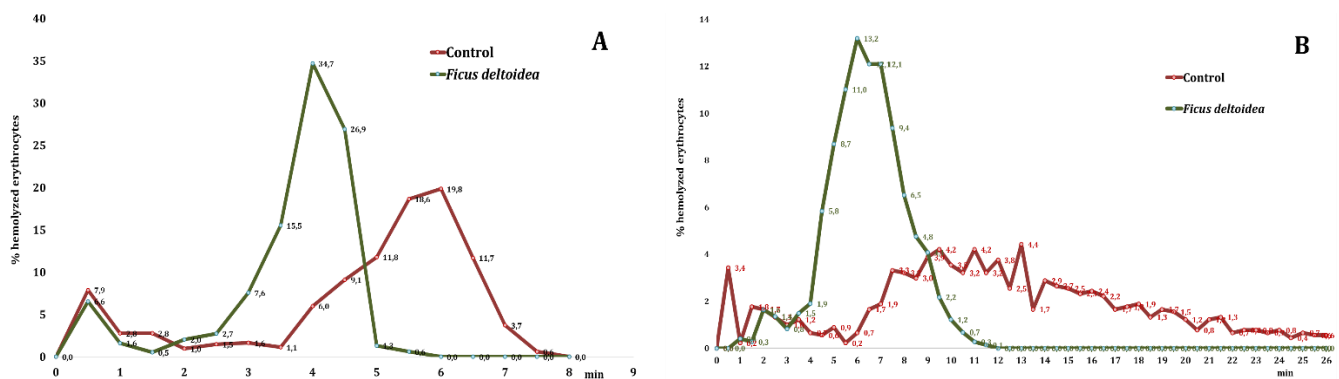


Fig. 2. HCl-induced hemolysis of the human erythrocytes after treatment by aqueous extracts derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 5 mg/mL (A) and 0.5 mg/mL (B)

In the control group (untreated erythrocyte suspension), erythrocytes incubated with 0.1M HCl remained stable and demonstrated slight hemolysis. The maximum level of hemolyzed erythrocytes was $(19.8 \pm 1.1) \%$; the total duration of hemolysis was 8.0 min. When *F. deltoidea* extract at the final concentration of 5 mg/mL was added to the erythrocyte suspension, the maximum level of hemolysis occurred after 6.0 min of incubation with 0.1M HCl $(34.7 \pm 1.4 \%)$. The total duration of hemolysis after incubation with *F. deltoidea* extract was 6.0 min. The results showed that HCl-induced hemolysis was increased by the treatment of *F. deltoidea* extract at the final concentration of 5 mg/mL (Fig. 2A).

Similar trends were observed in the case when *F. deltoidea* extract at the final concentration of 0.5 mg/mL was added to the erythrocyte suspension. The maximum level of hemolyzed erythrocytes in the control group (untreated erythrocyte suspension) was $(4.4 \pm 0.3 \%)$; the total duration of hemolysis was above 26 min. When *F. deltoidea* extract at the final concentration of 0.5 mg/mL was added to the erythrocyte suspension, the maximum level of hemolysis occurred after 6.0 min of incubation with 0.1M HCl $(13.2 \pm 1.2 \%)$. The total duration of hemolysis after incubation with *F. deltoidea* extract was 12.0 min. The results revealed that HCl-induced hemolysis was increased by the treatment of *F. deltoidea* extract at the final concentration of 0.5 mg/mL (Fig. 2B). Thus, extract of *F. deltoidea* at the final concentrations of 5 mg/mL and 0.5 mg/mL possess hemolytic properties to human erythrocyte suspension after 1-h incubation *in vitro*.

Our study is in the line of investigations carried out by other researchers which revealed

the antioxidant properties of *F. deltoidea* plants. Previously, M. Hakimian and M. Maziah [15] described an experiment, where different aqueous extracts of *F. deltoidea* accessions were evaluated for their antioxidant activities using several assays such as FRAP, free radical scavenging assay, total polyphenol, flavonoid, phenolic acid, and vitamin C. Samsulrizal and co-workers [28] revealed that *F. deltoidea* promoted bone formation in streptozotocin-induced diabetic rats. *F. deltoidea* could prevent diabetic osteoporosis by enhancing osteogenesis and inhibiting bone oxidative stress. These findings support the potential use of *F. deltoidea* for osteoporosis therapy in diabetes [28]. *F. deltoidea* aqueous extract at all concentrations tested (12.5-100 $\mu\text{g/mL}$) exhibited antioxidant power, suggesting the cytoprotective effect of *F. deltoidea* aqueous extract could be partly attributed to its antioxidant properties [27]. The report of T.C. Ooi and co-workers [27] highlights that *F. deltoidea* may provide a chemopreventive effect on mutagenic and oxidative stress inducers. Maizatul H.O. and co-workers [21] have reported that 85% of the aqueous *F. deltoidea* showed good antioxidant activity due to the presence of flavan-3-ol monomers, proanthocyanidins, and c-linked flavone glycosides. Adam Z. and co-workers [2] reported water-soluble insulin-secreting constituents in an aqueous extract of *F. deltoidea*, which gave better effects than glibenclamide. Vitexin and isovitexin are bioactive compounds abundantly found in the leaves of *F. deltoidea* that possessed many pharmacological properties including neuroprotection. Zolkiffly S.Z.I. and co-workers [38] revealed that the extract of *F. deltoidea* showed neuroprotective effects by attenuating the levels of pro-inflammatory and cytotoxic factors

in LPS-induced microglial cells, possibly by mediating the nuclear factor-kappa B (NF- κ B) signalling pathway.

The antioxidant activities of *F. deltoidea* aqueous extract (FDD) on menadione-induced oxidative stress were determined in a V79 mouse lung fibroblast cell line by Ooi and co-workers [27]. The ferric-reducing antioxidant power (FRAP) assay was conducted to evaluate FDD antioxidant capacity. Results showed that pretreatment of FDD (50 and 100 μ g/mL) demonstrated remarkable protection against menadione-induced oxidative stress in V79 cells significantly by decreasing superoxide anion level. FDD at all concentrations tested (12.5-100 μ g/mL) exhibited antioxidant power, suggesting the cytoprotective effect of FDD could be partly attributed to its antioxidant properties [27].

Mohd Dom N.S. and co-workers [24] evaluated the potential of standardized methanolic extracts from seven *F. deltoidea* varieties in inhibiting the formation of advanced glycation end products (AGEs), protein oxidation, and their antioxidant effects. The antiglycation activity was analyzed based on the inhibition of AGEs, fructosamine, and thiol groups level followed by the inhibition of protein carbonyl formation. The antioxidant activity (DPPH radical scavenging activity and reducing power assay) and total phenolic contents were evaluated. After 28 days of induction, all varieties of *F. deltoidea* extracts significantly restrained the formation of fluorescence AGEs by 4.55-5.14 fold. The extracts also reduced the fructosamine levels by 47.0-86.5%, increased the thiol group levels by 64.3-83.7%, and inhibited the formation of protein carbonyl by 1.36-1.76 fold. DPPH radical scavenging activity showed an IC₅₀ value of 66.81-288.04 μ g/ml and reducing power activity depicted at 0.02-0.24 μ g/ml. The extent of phenolic compounds present in the extracts ranged from 70.90 to 299.78 mg·GAE/g. Apart from that, correlation studies between the activities were observed [24].

F. deltoidea is traditionally used for regulating blood sugar, blood pressure, and cholesterol levels. *F. deltoidea* has been shown to have antidiabetic, anti-inflammatory, antinociceptive, and antioxidant properties [23]. The antidiabetic and antioxidant activities of the fruits from different varieties of *F. deltoidea*, employing *in vitro* methods, were investigated by

Misbah and co-workers (2013). The crude extracts and fractions of *F. deltoidea* (var. *angustifolia* (SF) and var. *kunstleri* (BF)) inhibited both yeast and rat intestinal α -glucosidases in a dose-dependent manner but did not inhibit porcine pancreatic α -amylase. The water fraction of BF showed the highest percentage of α -glucosidase inhibition while having the highest amount of protein (73.33 ± 4.99 μ g/mg fraction). All the extracts and fractions exhibited antioxidant activities, with SF crude extract showing the highest antioxidant activity and phenolic content (121.62 ± 4.86 mg/g extract). Fractionation of the crude extracts resulted in the loss of antioxidant activities. There was no positive correlation between phenolic and flavonoid content with α -glucosidase inhibitory activities. However, phenolic content correlated well with the antioxidant activities of the crude extracts but not with the fractions [22].

Yahaya N. and co-workers [34] assessed the insulin secretion activity induced by *F. deltoidea* standardized methanolic extracts from seven independent varieties and mechanisms that underlie the insulin secretion action of the extracts. The insulin secretion for *F. deltoidea* var. *deltoidea*, *F. deltoidea* var. *angustifolia* (Miq.) Corner, and *F. deltoidea* var. *motleyana* (Miq.) C.C. Berg was dose-dependent; further evaluation suggested that *F. deltoidea* var. *trengganuensis* Corner was involved in the K_{ATP}-independent pathway. It should be noted that all varieties of *Ficus deltoidea* screened by the cited authors are considered as synonyms of *F. deltoidea* in The Plant List, an international resource that is a working list of all land plant species, fundamental to understanding and documenting plant diversity and effective conservation of plants. Thus, standardized methanolic extracts of *F. deltoidea* varieties have an insulinotropic effect on the clonal BRIN BD11 cell line and can be utilized as a modern candidate for antidiabetic agents targeting the escalation of insulin secretion from pancreatic beta-cells [34]. *F. deltoidea* var. *deltoidea* could potentially improve insulin sensitivity, suppress hepatic glucose output and enhance glucose uptake in type 2 diabetes mellitus through the down-regulation of the protein tyrosine phosphatase 1B (PTP1B) [1].

The mechanisms that underlie the antihyperglycemic action of *F. deltoidea* were revealed by Adam Z. and co-workers [3]. The results had shown that a hot aqueous extract of

F. deltoidea stimulated insulin secretion significantly with the highest magnitude of stimulation being 7.31-fold. The insulin secretory actions of the hot aqueous extract involved K_{ATP} -channel-dependent and K_{ATP} -channel-independent pathways. The extract also has the ability to induce the usage of intracellular Ca^{2+} to trigger insulin release. The ethanolic and methanolic extracts enhanced basal and insulin-mediated glucose uptake into adipocyte cells. The extracts possess either insulin-mimetic or insulin-sensitizing properties or a combination of both properties during enhancing glucose uptake into such cells. Meanwhile, the hot aqueous and methanolic extracts augmented basal and insulin-stimulated adiponectin secretion from adipocyte cells [3]. The inhibition of the formation of mature adipocytes indicated that leaf extracts of *F. deltoidea* could have potential anti-obesity effects [33].

F. deltoidea is one of the well-known medicinal plants that is traditionally used to treat various ailments and for the maintenance of female reproductive health [35]. *F. deltoidea* can reverse symptoms of the polycystic ovarian syndrome (PCOS) in female rats by improving insulin sensitivity, antioxidant activities, hormonal imbalance, and histological changes. Insulin resistance and hormonal imbalances are key features in the pathophysiology of PCOS. Haslan M.A. and co-workers [17] investigated the biochemical, hormonal, and histomorphometric changes in letrozole (LTZ)-induced PCOS female rats following treatment with *F. deltoidea*. The results showed that treatment with *F. deltoidea* at the dose of 500 and 1000 mg/kg/day reduced insulin resistance, obesity indices, total cholesterol, triglycerides, low-density lipoprotein cholesterol (LDL), malonic dialdehyde (MDA), testosterone, luteinizing hormone (LH), and follicle-stimulating hormone (FSH) to near-normal levels in PCOS rats. The levels of high-density lipoprotein cholesterol (HDL), estrogen, and superoxide dismutase (SOD) are also similar to those observed in normal control rats. Histomorphometric measurements confirmed that *F. deltoidea* increased the corpus luteum number and the endometrial thickness. These findings suggest the potential use of *F. deltoidea* as an adjuvant agent in the treatment program of PCOS [17].

This medicinal plant is beneficial as a daily dietary supplement for the maintenance of female reproductive health. Zaid S.S.M. and co-

workers [35] evaluated the potential protective roles of *F. deltoidea* against bisphenol A (BPA)-induced toxicity of the pituitary-ovarian axis in pre-pubertal female rats. The findings showed that *F. deltoidea* demonstrated a preventive role against BPA-induced toxicity in the ovaries. This was evident by the increased percentage of rats with normal estrous cycle, qualitatively reduced number of atretic follicles (as observed in histopathological examination), and normalization of the gonadotropins hormone (FSH) and sex steroid hormone (progesterone) levels. Thus, *F. deltoidea* has the capability to prevent the effects of BPA toxicity in the hypothalamus-pituitary-gonadal axis of the prepubertal female reproductive system, possibly due to its variety of phytochemical properties [35].

F. deltoidea, which has strong antioxidant properties, was selected as a potential protective agent to counter the detrimental effects of BPA in the rat uterus. As Zaid S.S.M. and co-workers [36] revealed, after 6 weeks of concurrent treatment with *F. deltoidea*, uterine abnormalities in the BPA-exposed rats showed a significant improvement. Specifically, the size of stromal cells increased; interstitial spaces between stromal cells expanded; the histology of the glandular epithelium and the myometrium appeared normal and mitotic figures were present. The suppressive effects of BPA on the expression levels of sex steroid receptors ($ER\alpha$ and $ER\beta$) and the immunity gene C3 were significantly normalized by *F. deltoidea* treatment. The role of *F. deltoidea* as an antioxidant agent was proven by the significant reduction in malonic dialdehyde levels in BPA-exposed rats. Moreover, in BPA-exposed rats, concurrent treatment with *F. deltoidea* could normalize the level of the gonadotropin hormone, which could be associated with an increase in the percentage of rats with a normal estrous cycle [36].

F. deltoidea has been shown to possess antioxidant properties that could prevent the development of chronic inflammatory bone diseases [26]. The efficacy of *F. deltoidea* in preventing alveolar bone resorption in osteoporotic rats induced by ovariectomy (OVX) was investigated by Omar N.I. and co-workers [26]. The results showed that histologically, the OVXF group demonstrated a significantly lower number of osteoclasts and a higher number of osteoblasts compared with OVXN. Thus, *F. deltoidea* has the capacity to prevent alveolar bone loss in ovariectomy-

induced osteoporosis rats by potentially preserving trabecular bone microarchitecture and decreasing osteoclast, and increasing osteoblast cell count [26].

Osteoporosis (OP) and osteoarthritis (OA) are debilitating musculoskeletal diseases of the elderly. *F. deltoidea* was pre-clinically evaluated against OP- and OA-related bone alterations, in the postmenopausal OA rat model [9]. The *F. deltoidea* extract significantly mitigated these bone microstructural and biomarker changes by dose-dependently down-regulating pro-inflammatory NF- κ B, TNF- α , and IL-6 mRNA expressions. The *F. deltoidea* extract demonstrated good anti-osteoporotic properties in this OP/OA preclinical model by stimulating bone formation and suppressing bone resorption *via* anti-inflammatory pathways. A report by Che Ahmad Tantowi N.A. and co-workers [9] related the subchondral bone plate and trabecular thickening with the metaphyseal trabecular osteopenic bone loss under osteoporotic-osteoarthritis conditions, providing some insights on the debated inverse relationship between osteoporosis and osteoarthritis [9].

Conclusions

In the current study, we investigated the changes in the oxidative stress biomarkers using the *in vitro* model of human erythrocytes to evaluate the antioxidant activities of the aqueous extract derived from the leaves of

F. deltoidea at the two final concentrations (5 mg/mL and 0.5 mg/mL). The treatment of human erythrocytes by extract derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 5 mg/mL resulted in an increase of TBARS as biomarkers of lipid peroxidation and aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins with a simultaneous decrease in the total antioxidant capacity compared to the untreated samples. On the other hand, *in vitro* treatment of human erythrocytes with an extract derived from leaves of *F. deltoidea* at the final concentration of 0.5 mg/mL resulted in the same values of TBARS level, aldehydic and ketonic derivatives of OMP, and total antioxidant capacity as the untreated samples. Extract of *F. deltoidea* at the final concentrations of 5 mg/mL and 0.5 mg/mL possess hemolytic properties to human erythrocyte suspension after 1-h incubation *in vitro*. More studies are warranted in the future, to illustrate the potential and mechanisms of *F. deltoidea* in preventing oxidative stress using different cell models *in vitro* and different final concentrations of the extract. Also, further studies are warranted to identify the bioactive components that contribute to this protective effect.

Acknowledgments

The authors wish to acknowledge The International Visegrad Fund for supporting our study.

References

1. Abdel-Rahman, R. F., Ezzat, S. M., Ogaly, H. A., Abd-Elsalam, R. M., Hessin, A. F., Fekry, M. I., Mansour, D. F., & Mohamed, S. O. (2020). *Ficus deltoidea* extract down-regulates protein tyrosine phosphatase 1B expression in a rat model of type 2 diabetes mellitus: a new insight into its antidiabetic mechanism. *Journal of Nutritional Science*, 9, e2. <https://doi.org/10.1017/jns.2019.40>.
2. Adam, Z., Ismail, A., Khamis, S., Mohd. Mokhtar, M.H., Hamid, M. (2011). Antihyperglycemic activity of *F. deltoidea* ethanolic extract in normal rats. *Sains Malaysiana*, 40(5), 489–495.
3. Adam, Z., Khamis, S., Ismail, A., & Hamid, M. (2012). *Ficus deltoidea*: A potential alternative medicine for diabetes mellitus. *Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, 2012, 632763. <https://doi.org/10.1155/2012/632763>.
4. Ashraf, K., Haque, M. R., Amir, M., Ahmad, N., Ahmad, W., Sultan, S., Ali Shah, S. A., Mahmoud Alafeefy, A., Mujeeb, M., & Bin Shafie, M. F. (2021). An overview of phytochemical and biological activities: *Ficus deltoidea* Jack and other *Ficus* spp. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 13(1), 11–25. https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_232_19.
5. Berg, C.C. (2001). *Moreae, Artocarpeae, and Dorstenia (Moraceae)*, with introductions to the family and *Ficus* and with additions and corrections to Flora Neotropica Monograph 7. *Flora Neotropica Monograph 83*. New York: The New York Botanical Garden.

6. Berg, C.C., Corner, E.J.H. (2005). *Moraceae (Ficus)*. In: Notojati H.P. (ed.) *Flora Malesiana*, Ser. 1, Vol. 17, Part 2. National Herbarium Nederland, Leiden
7. Berg, C.C., Wiebes, J.T. (1992). African fig trees and fig wasps. *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Verhandelingen Afdeling Natuurkunde*, 2^{de} reeks, deel 89. North-Holland, Amsterdam
8. Bunawan, H., Amin, N. M., Bunawan, S. N., Baharum, S. N., & Mohd Noor, N. (2014). *Ficus deltoidea* Jack: A review on its phytochemical and pharmacological importance. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, 2014, 902734. <https://doi.org/10.1155/2014/902734>.
9. Che Ahmad Tantowi, N. A., Lau, S. F., & Mohamed, S. (2018). *Ficus deltoidea* Prevented Bone Loss in Preclinical Osteoporosis/Osteoarthritis Model by Suppressing Inflammation. *Calcified Tissue International*, 103(4), 388–399. <https://doi.org/10.1007/s00223-018-0433-1>.
10. Clement, W.L., Weiblen, G.D. (2009). Morphological evolution in the mulberry family (*Moraceae*). *Systematic Botany*, 34(3), 530-552.
11. Cook, J.M., Rasplus, J.-Y. 2003. Mutualists with attitude: coevolving fig wasps and figs. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(5), 241–248.
12. Datwyler, S.L., Weiblen, G.D. (2004). On the origin of the fig: phylogenetic relationships of *Moraceae* from ndhF sequences. *American Journal of Botany*, 91(5), 767-777.
13. Dubinina, E. E., Burmistrov, S. O., Khodov, D. A., & Porotov, I. G. (1995). Okislitel'naia modifikatsiia belkov syvorotki krovi cheloveka, metod ee opredeleniia [Oxidative modification of human serum proteins. A method of determining it]. *Voprosy meditsinskoi khimii*, 41(1), 24–26.
14. Galaktionova, L. P., Molchanov, A. V., El'chaninova, S. A., & Varshavskii, B. I.a (1998). Sostoianie perekisnogo okisleniia u bol'nykh s iazvennoi bolezn'iu zheludka i dvenadtsatiperstnoi kishki [Lipid peroxidation in patients with gastric and duodenal peptic ulcers]. *Klinicheskaiia laboratornaia diagnostika*, (6), 10–14.
15. Hakimian, M., Maziah, M. (2009). Non enzymatic and enzymatic antioxidant activities in aqueous extract of different *Ficus deltoidea* accessions. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(3), 120-131.
16. Harun, H., Musapha, Z. (2015). Phytochemical constituents in leaves and callus of *Ficus deltoidea* Jack var. *Kunstleri* (King) Corner. *Walailak Journal of Science and Technology*, 12(5), 431–439.
17. Haslan, M. A., Samsulrizal, N., Hashim, N., Zin, N. S. N. M., Shirazi, F. H., & Goh, Y. M. (2021). *Ficus deltoidea* ameliorates biochemical, hormonal, and histomorphometric changes in letrozole-induced polycystic ovarian syndrome rats. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21(1), 291. <https://doi.org/10.1186/s12906-021-03452-6>.
18. Kamysnikov, V.S. (2004). *A reference book on the clinic and biochemical researches and laboratory diagnostics*. MEDpress-inform, Moscow.
19. Levine, R. L., Garland, D., Oliver, C. N., Amici, A., Climent, I., Lenz, A. G., Ahn, B. W., Shaltiel, S., & Stadtman, E. R. (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods in Enzymology*, 186, 464–478. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86141-h](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86141-h).
20. Luqman, S., Kaushik, S., Srivastava, S., Kumar, R., Bawankule, D. U., Pal, A., Mahendra P. Darokar, M. P. & Khanuja, S. P. S. (2009). Protective effect of medicinal plant extracts on biomarkers of oxidative stress in erythrocytes. *Pharmaceutical Biology*, 47(6), 483–490. <https://doi.org/10.1080/13880200902832900>.
21. Maizatul, H.O., Mullen, W., Crozier, A. (2011). Identification of proanthocyanidin dimers and trimers, flavone C-Glycosides and antioxidants in *Ficus deltoidea*, a Malaysian herbal tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 1363-1369.

22. Misbah, H., Aziz, A. A., & Aminudin, N. (2013). Antidiabetic and antioxidant properties of *Ficus deltoidea* fruit extracts and fractions. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13, 118. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-118>.
23. Mohd Ariff, A., Abu Bakar, N. A., Abd Muid, S., Omar, E., Ismail, N. H., Ali, A. M., Mohd Kasim, N. A., & Mohd Nawawi, H. (2020). *Ficus deltoidea* suppresses endothelial activation, inflammation, monocytes adhesion and oxidative stress via NF- κ B and eNOS pathways in stimulated human coronary artery endothelial cells. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-2844-6>.
24. Mohd Dom, N. S., Yahaya, N., Adam, Z., Nik Abd Rahman, N. M. A., & Hamid, M. (2020). Antiglycation and antioxidant properties of *Ficus deltoidea* varieties. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, 2020, 6374632. <https://doi.org/10.1155/2020/6374632>.
25. Omar, M. H., Mullen, W., & Crozier, A. (2011). Identification of proanthocyanidin dimers and trimers, flavone C-Glycosides, and antioxidants in *Ficus deltoidea*, a Malaysian herbal tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(4), 1363–1369. <https://doi.org/10.1021/jf1032729>.
26. Omar, N. I., Baharin, B., Lau, S. F., Ibrahim, N., Mohd, N., Ahmad Fauzi, A., Muhammad, N., & Fernandez, N. M. (2020). The influence of *Ficus deltoidea* in preserving alveolar bone in ovariectomized Rats. *Veterinary Medicine International*, 2020, 8862489. <https://doi.org/10.1155/2020/8862489>.
27. Ooi, T. C., Ibrahim, F. W., Ahmad, S., Chan, K. M., Leong, L. M., Mohammad, N., Siew, E. L., & Rajab, N. F. (2021). Antimutagenic, cytoprotective and antioxidant properties of *Ficus deltoidea* aqueous extract *in vitro*. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(11), 3287. <https://doi.org/10.3390/molecules26113287>.
28. Samsulrizal, N., Goh, Y. M., Ahmad, H., Md Dom, S., Azmi, N. S., NoorMohamad Zin, N. S., & Ebrahimi, M. (2021). *Ficus deltoidea* promotes bone formation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Pharmaceutical Biology*, 59(1), 66–73. <https://doi.org/10.1080/13880209.2020.1865411>.
29. Silihe, K. K., Zingue, S., Kemege Sipping, M. T., Cazanevscaia, A. B., Dediu Botezatu, A. V., Njamen, D., Dinica, R. M. (2022). The Antioxidant Potential of *Ficus umbellata* Vahl (*Moraceae*) that accelerates *in vitro* and the *in vivo* anti-inflammatory protective effects. *Applied Sciences*, 12, 9070. <https://doi.org/10.3390/app12189070>.
30. Terskov, I.A., Gitelson, I.I. (1957). Method of chemical (acid) erythrograms. *Biofizika*, 2, 259-266.
31. Tkachenko, H., Buyun, L., Kurhaluk, N., Honcharenko, V., Prokopiv, A. (2022). *In vitro* antioxidant response of the equine blood treated by leaf extract of *Ficus drupacea* Thunb. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 6(2), 292–300. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2022.0030>.
32. Tkachenko, H., Buyun, L., Kurhaluk, N., Honcharenko, V., Prokopiv, A., Osadowski, Z. (2019). *In vitro* antioxidant activities of aqueous extracts derived from leaves of juvenile and mature shoots of *Ficus pumila* L. (*Moraceae*). *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health, and Life Quality*, (3), 1-13. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.001-013>.
33. Woon, S. M., Seng, Y. W., Ling, A. P., Chye, S. M., & Koh, R. Y. (2014). Anti-adipogenic effects of extracts of *Ficus deltoidea* var. *deltoidea* and var. *angustifolia* on 3T3-L1 adipocytes. *Journal of Zhejiang University. Science. B*, 15(3), 295–302. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1300123>.
34. Yahaya, N., Mohd Dom, N. S., Adam, Z., & Hamid, M. (2018). Insulinotropic activity of standardized methanolic extracts of *Ficus deltoidea* from seven varieties. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, 2018, 3769874. <https://doi.org/10.1155/2018/3769874>.
35. Zaid, S. S. M., Othman, S., & Kassim, N. M. (2018). Protective role of *Ficus deltoidea* against BPA-induced impairments of the follicular development, estrous cycle, gonadotropin and sex steroid hormones level of prepubertal rats. *Journal of Ovarian Research*, 11(1), 99. <https://doi.org/10.1186/s13048-018-0466-0>

36. Zaid, S. S. M., Othman, S., & Kassim, N. M. (2021). Protective role of Mas Cotek (*Ficus deltoidea*) against the toxic effects of bisphenol A on morphology and sex steroid receptor expression in the rat uterus. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 140, 111757. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111757>.
37. Zar J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th ed., Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
38. Zolkiffly, S. Z. I., Stanslas, J., Abdul Hamid, H., & Mehat, M. Z. (2021). *Ficus deltoidea*: Potential inhibitor of pro-inflammatory mediators in lipopolysaccharide-induced activation of microglial cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 279, 114309. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114309>.

Received: 05.02.2023. Accepted: 25.02.2023. Published: 06.03.2023.

Cite this article in APA Style as:

Tkachenko, H., Kurhaluk, N., Buyun, L., Honcharenko, V., and Prokopiv, A. (2022). *In vitro* protective effect of leaf extract of *Ficus deltoidea* Jack (*Moraceae*) on biomarkers of oxidative stress in the human erythrocytes. *BHT: Biota. Human. Technology*, 3, 74–85. (in English)

Information about the authors:

Tkachenko H. [*in Ukrainian: Ткаченко Г.*] ¹, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halyna.tkachenko@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3951-9005

Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

Kurhaluk N. [*in Ukrainian: Курхалюк Н.*] ², Dr. of Biol. Sc., Prof., email: natalia.kurhaluk@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0002-4669-1092

Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

Buyun L. [*in Ukrainian: Буюн Л.*] ³, Dr. of Biol.Sc., Senior Scientist, email: buyun.li@nas.gov.ua
ORCID: 0000-0002-9158-6451

Department of Tropical and Subtropical Plants, M.M. Gryshko National Botanic Garden, National Academy of Science of Ukraine
1 Tymiriazivska Street, Kyiv, 01014, Ukraine

Honcharenko V. [*in Ukrainian: Гончаренко В.*] ⁴, Ph. D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: vherbarium@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6888-2124

Department of Botany, Biology Faculty, Ivan Franko National University of Lviv
4 Hrushevskoho Street, Lviv, 79005, Ukraine

Prokopiv A. [*in Ukrainian: Прокопів А.*] ⁵, Ph. D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: botany.dep.biology@lnu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-1690-4090

Department of Botany, Biology Faculty, Ivan Franko National University of Lviv
4 Hrushevskoho Street, Lviv, 79005, Ukraine

¹ Study design, manuscript preparation.

² Data collection, manuscript preparation.

³ Data collection, statistical analysis.

⁴ Data collection, statistical analysis.

⁵ Data collection, statistical analysis.



FOOD TECHNOLOGIES

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ



UDC 663.3.14.031.3

Надія Лапицька, Кароліна Бережняк

АНАЛІЗ РИНКУ ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ ВИН ТА АКТИВАТОРІВ БРОДІННЯ



Nadiia Lapytska, Karolina Berezhniak

ANALYSIS OF THE MARKET OF FRUIT AND BERRY
WINES AND FERMENTATION ACTIVATORS

DOI: 10.58407/bht.3.22.8

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Лапицька, Н., Бережняк, К., 2022

АНОТАЦІЯ

В роботі наведено результати аналітичних досліджень світового ринку алкогольної продукції та встановлено частку плодово-ягідних вин на ньому. Проаналізовано асортимент плодово-ягідних вин на світовому ринку й зроблено висновок, що найбільшими виробниками даної категорії продукції є Англія, Ірландія та Німеччина. Встановлено, що найбільше розповсюдження серед плодових вин мають яблучні сидри, а сливу з метою виробництва таких напоїв сьогодні використовують переважно в Японії.

В ході аналізу літературних даних встановлено, що Україна має потужний потенціал для виробництва плодових вин, адже врожайність садових культур в нашій країні зростає щороку, тоді як в Європі – знижується.

Відомо, що складністю технологічного процесу виробництва вин із плодів і ягід є недостатність в сировині азотного живлення для дріжджів, тому виробники використовують для їх активації різні добавки. Асортимент і технологічний ефект від внесення проаналізовано в цій статті.

З метою забезпечення живлення дріжджів та активації спиртового бродіння при виробництві плодово-ягідних вин у роботі запропоновано розглянути можливість внесення шроту зародків пшениці. Завдяки вмісту в запропонованій сировині білка у кількості 45 % г покращується азотне живлення дріжджів, а завдяки наявності легкозасвоюваних цукрів, в 100 г яких міститься 20,8 г глюкози, 23,7 г фруктози, 21,3 г сахарози та 34,2 г мальтози, активується спиртове бродіння плодово-ягідного суслу.

Завдяки такому складу вуглеводів шроту можливим є використання його для живлення дріжджів у плодово-ягідному виноробстві та активації спиртового бродіння.

Мета статті – визначити частку ринку, яку займають плодово-ягідні вина, проаналізувати їх асортимент; вивчити асортимент добавок, що використовуються з метою активації бродіння плодово-ягідного суслу та встановити можливість використання шроту зародків пшениці у виробництві плодово-ягідних вин.

Методологія. Під час проведення роботи використовували аналітичні та фізико-хімічні методи досліджень. Опрацювання результатів здійснювали за допомогою баз даних MS Excel.

Наукова новизна полягає в тому, що вивчено світовий ринок плодово-ягідних вин та систематизовано асортимент даних напоїв за виробниками; систематизовано асортимент добавок, що використовуються з метою азотного живлення у плодово-ягідному виноробстві та проаналізовано вуглеводний склад шроту зародків пшениці як перспективної сировини для активації спиртового бродіння плодово-ягідного суслу.

Висновки: вивчено та систематизовано асортимент плодово-ягідних вин на світовому ринку, в тому числі і в Україні; вивчено та систематизовано асортимент добавок, що використовуються в якості азотного живлення для дріжджів у плодово-ягідному виноробстві; встановлена перспективність використання шроту зародків пшениці як активатора спиртового бродіння.

Ключові слова: ринок алкогольної та виноробної продукції, асортимент плодово-ягідних вин, активатори бродіння, шрот зародків пшениці, плодове вино.

ABSTRACT

The paper presents the results of analytical studies of the world market of alcoholic products and established the share of fruit and berry wines on it. The assortment of fruit and berry wines on the world market was analyzed and it was concluded that the largest producers of this product category are England, Ireland and Germany. It has been established that apple ciders are the most popular among fruit wines, and also plums are used mainly in Japan for the production of such drinks.

During the analysis of literature data, it was established that Ukraine has a strong potential for the production of fruit wines, because the yield of garden crops in our country is increasing every year, while in Europe it is decreasing.

In order to ensure the nutrition of yeast and activation of alcoholic fermentation in the production of fruit and berry wines, it is proposed to consider the possibility of adding wheat germ meal. Due to the content of protein in the amount of 45% g in the proposed raw material, the nitrogen nutrition of yeast is improved, and due to the presence of easily digestible sugars, 100 g of which contains 20.8 g of glucose, 23.7 g of fructose, 21.3 g of sucrose and 34.2 g of maltose, the alcoholic fermentation of fruit and berry wort is activated.

The purpose of the article was to determine the market share occupied by fruit and berry wines, to analyze their assortment; to study the range of additives used to activate the fermentation of fruit and berry wort and to establish the possibility of using wheat germ meal in the production of fruit and berry wines.

Methodology. Analytical, physical and chemical research methods were used during the work. Processing of the results was carried out using databases «MC Excel databases».

The scientific novelty consists in the fact that the world market of fruit and berry wines has been studied and the assortment of these drinks by manufacturers has been systematized; the assortment of additives used for the purpose of nitrogen nutrition in fruit and berry winemaking was systematized and the carbohydrate composition of wheat germ meal was analyzed as a promising raw material for the activation of alcoholic fermentation of fruit and berry wort.

Conclusions: the assortment of fruit and berry wines on the world market, including in Ukraine, has been studied and systematized; the assortment of additives used as nitrogen nutrition for yeast in fruit and berry winemaking was studied and systematized; the prospects of using wheat germ meal as an activator of alcoholic fermentation have been established.

Key words: market of alcohol and wine products, assortment of fruit and berry wines, fermentation activators, wheat germ meal, fruit wine

Постановка проблеми

Актуальність роботи. Виноробна промисловість займає значну нішу на світовому ринку. Основними виробниками виноградних вин є Франція, Іспанія та Італія [5]. Останніми роками в Україні інтенсивно розвивається сектор виноградно-виноробної промисловості завдяки розвитку внутрішнього туризму, підвищення культури споживання алкогольних напоїв населенням, розвитку власних брендів, що можуть конкурувати з Європейськими [2]. Однак слід зазначити, що для традиційного виноробства підходять, переважно, західні та південні регіони нашої країни завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам [19]. Решта регіонів України має більш сприятливі умови для вирощування основних плодівих культур: яблук, груш, слив, абрикосів, вишні тощо, урожайність яких щороку зростає [14].

Враховуючи воєнний стан та складну ситуацію на Півдні України можна стверджувати, що обсяги виробництва традиційних виноградних вин будуть знижуватися через руйнування підприємств і знищення насаджень виноградників. У зв'язку з цим актуальним є розгляд ринку плодівих вин для планування і розробки нових видів слабоалкогольних напоїв. Крім того, слід подбати й про їх функціональність, що можна досягти за використання сировини, багатой на біологічно-активні речовини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В Україні актуальним є розвиток плодово-ягідного виноробства. Можна сміливо стверджувати, що плодово-ягідні вина, сидри, питний мед нічим не поступаються винам із винограду або напоєм на основі солоду. Слід лише дбати про якість сировини, що буде застосовуватися для їх виробництва, адже переробка падалиці, підгнилих плодів і ягід негативно вплине на якість готового продукту. Саме зловживання виробниками перероблення падалиці викликало спад обсягів виробництва таких вин на початку самостійності України. Сьогодні вина із плодів та ягід повертаються на наш ринок. Однак ця продукція представлена переважно сидрами. Їх виробництво та продажі зростають з 2020 року. Експерти очікують, що продаж цих напоїв продовжить збільшуватися до 2026 року, зростання буде відбуватися кожного року на 2 % [20].

Виробниками зазначається, що Україна має потужний потенціал для виготовлення плодівих алкогольних напоїв. Це пов'язано із скороченням насаджень основних для плодового виноробства дерев: яблунь, груш, у Європі та збільшенням таких насаджень та врожайності дерев в нашій країні. Крім того, сьогодні українці більше подорожують світом та країнами Європи, що сприяє можливості населення розрізняти високоякісні напої і такі, що лише імітують справжній сидр [20].

Збільшенню обсягів виробництва плодкових вин сприяє також і те, що у виробництві натуральних вин із плодів і ягід без додавання спирту, до них застосовується мінімальна ставка акцизного збору порівняно із виноградними винами [1].

При підборі сировини для виробництва плодкових вин слід дбати про вміст азоту в ній з метою забезпечення азотного живлення дріжджів під час спиртового бродіння. Його нестача зумовлює утворення сірководню та зниження органолептичних характеристик вина [12]. Крім того, може виникати затухання бродіння і, як результат, утворення недобродів. Це спонукає до пошуку шляхів подолання нестачі азотного живлення дріжджів у плодovому виноробстві. Тому розгляд добавок, що використовуються з цією метою, є актуальним на сьогоднішній день.

Отже, актуальним завданням науковців і виробників на сьогодні є пошук ніші на світовому ринку алкогольної продукції; виявлення проблем плодово-ягідного виноробства та пошук шляхів їх вирішення. У зв'язку з цим узагальнення даних щодо асортименту плодово-ягідних вин на світовому ринку та асортименту добавок, що використовуються як азотне живлення для дріжджів, є актуальним та своєчасним.

Мета роботи: визначити частку ринку, яку займають плодово-ягідні вина, проаналізувати їх асортимент; вивчити асортимент добавок, що використовуються з метою азотного живлення під час бродіння плодово-ягідного суслу та встановити можливість використання шроту зародків пшениці з цією метою.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

– вивчити асортимент плодово-ягідних вин на світовому ринку та основну сировину для їх виробництва;

– вивчити асортимент добавок, що використовуються в якості азотного живлення для дріжджів у плодово-ягідному виноробстві на сьогоднішній день;

– визначити можливість використання шроту зародків пшениці для активізації процесів бродіння у виробництві вин із плодів та ягід.

Методологія. Предметом досліджень ринку алкогольної продукції виступали літературні дані та напрацювання вітчизняних і

закордонних науковців, інтернет-сторінки виробників готової продукції та сировини, законодавчі акти та постанови.

В роботі запропоновано виготовляти вино із слив сорту Угорка. В якості активатора бродіння та для забезпечення азотного живлення дріжджів запропоновано використовувати шрот зародків пшениці (ШЗП) виробництва НВ ТОВ «Житомирбіо-продукт» (м. Житомир, Україна) що є вторинним продуктом виробництва зародкової олії способом CO₂-екстракції. На цей продукт виробником розроблена нормативна документація (ТУ У 20608169.002-99).

Екстракція олії цим способом відбувається за низьких температур (не більше 40 °С). Це дозволяє зберегти велику кількість вітамінів, мінеральних речовин у вторинному продукті, а також амілолітичні ферменти зародку не інактивуються. Шрот має значний вміст рослинного білка (45 %), вітаміну В₁ (2,1 мг/100 г), високу амілолітичну активність (315 мг крохмалю/год) [11], що позитивно впливатиме на процес бродіння. Склад моно- та дицукрів у шроті було досліджено методом Шорля (йодометричним методом) [4].

Наукова новизна полягає в тому, що вивчено світовий ринок плодово-ягідних вин та систематизовано асортимент цих напоїв за виробниками; систематизовано асортимент добавок, що використовуються з метою азотного живлення у плодово-ягідному виноробстві та встановлена перспективність використання шроту зародків пшениці як активатора спиртового бродіння.

Результати дослідження

На першому етапі досліджень було проаналізовано ринок алкогольної продукції України за 2021 рік (рис. 1).

Як бачимо з рис. 1, найпопулярнішими напоями в Україні за 2021 рік були саме лікero-горілчані вироби. Друге місце розділяють вино та пиво, частка споживання слабо-алкогольних напоїв, до яких можна віднести плодово-ягідні вина, становить лише 5%. Проте експертами зазначається, що саме цей сегмент ринку стрімко розвивається, споживання зростає, тоді як в усіх інших категоріях напоїв, окрім пива, спостерігається скорочення споживання.

В нашій країні створені всі передумови для розвитку галузі слабоалкогольних напоїв.



Рис. 1. Структура продажів алкоголю у 2021 році в Україні [9]

Крім того, саме даний сегмент ринку алкогольної продукції поряд з пивом є єдиним, який можна розвивати в напрямку створення напоїв профілактичного спрямування та надання готовій продукції функціональних властивостей. Саме тому важливим є розвиток галузі та популяризація плодово-ягідних вин в Україні. Слід зазначити, що споживання алкоголю, як і будь-яких напоїв, має сезонний характер. Узимку частка міцного алкоголю є вищою, а влітку – навпаки, набувають більшої популярності

безалкогольні, слабоалкогольні напої, вино та пиво.

Торговими експертами зазначається, що частка продажів алкогольних напоїв у 2022 році знизилась порівняно із 2021 роком, що є передбачуваним, адже в країні запроваджено воєнний стан і продаж алкоголю був заборонений з кінця лютого до початку квітня [9]. Це негативно вплинуло на економіку країни. Прибуток від продажів алкогольних напоїв знизився на 34...67% порівняно з довоєнним періодом (рис. 2).

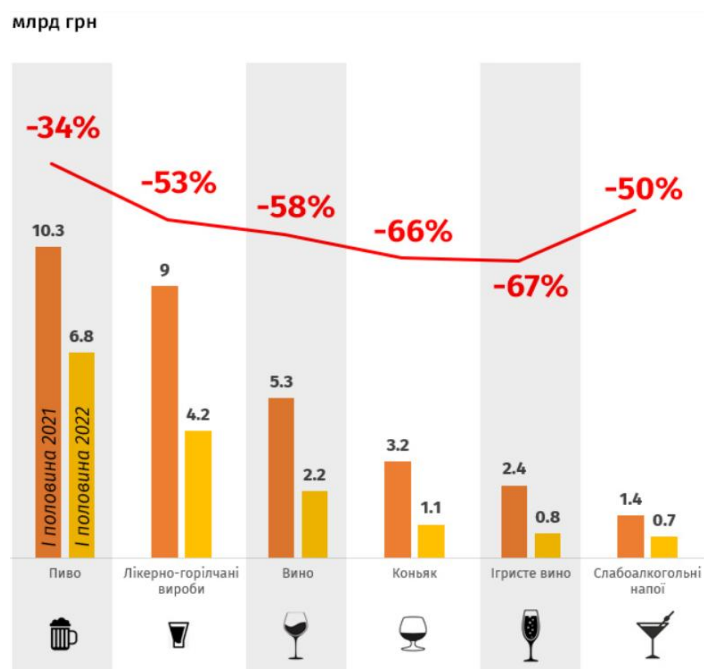


Рис. 2. Зміна споживання алкогольних напоїв в Україні за 2021 – 2022 роки у грошовому вираженні [9]

За даними аналітиків це пов'язано із закриттям заводів, що знаходяться близько до лінії фронту та із періодом заборони на продаж алкогольної продукції.

В той же час, аналізуючи світовий ринок алкоголю, бачимо, що події в Україні, епідемія Covid-19 навпаки позитивно вплинула на нього – збільшилися продажі дорогих сегментів алкогольної продукції. Експертами відмічається, що найбільший підйом спостерігається у виноробній галузі, збільшилися продажі дорогих вин та джину [26]. Це також спричинило діджиталізацію алкогольної індустрії. Обсяг електронної комерції збільшився на 43 %, тоді як у 2019 – лише на 12 %. Фахівці прогнозують, що до 2025 року на цих ринках електронна торгівля становитиме приблизно 6 % усієї роздрібної торгівлі [28].

Згідно з даними міжнародної виноробної організації OIV, світове споживання

вина в 2021 році зросло на 0,7 % порівняно із 2020 роком, що є позитивним на тлі виноробної кризи, яка спостерігалась на світовому ринку в 2018 році [30]. Дані, отримані зазначеною організацією, свідчать, що у традиційних виноробних регіонах споживання вина падає, тоді як на загальному світовому ринку – зростає [30]. Це свідчить про відкриття нових ринків. Світове споживання виноробної продукції наведено на рис. 3 [34].

Окрім приведених на рис. 3 країн, споживання вина збільшилось в Румунії, Нідерландах, Австрії і Чехії. Однак в таких країнах, як Португалія, Бельгія, Греція та Швеція рівень споживання цього напою знизився на 0,3...4,1 % порівняно із 2020 роком. Водночас експертами відзначається, що споживчий ринок вина у Великій Британії є стабільним і не змінюється вже протягом п'яти років [30].

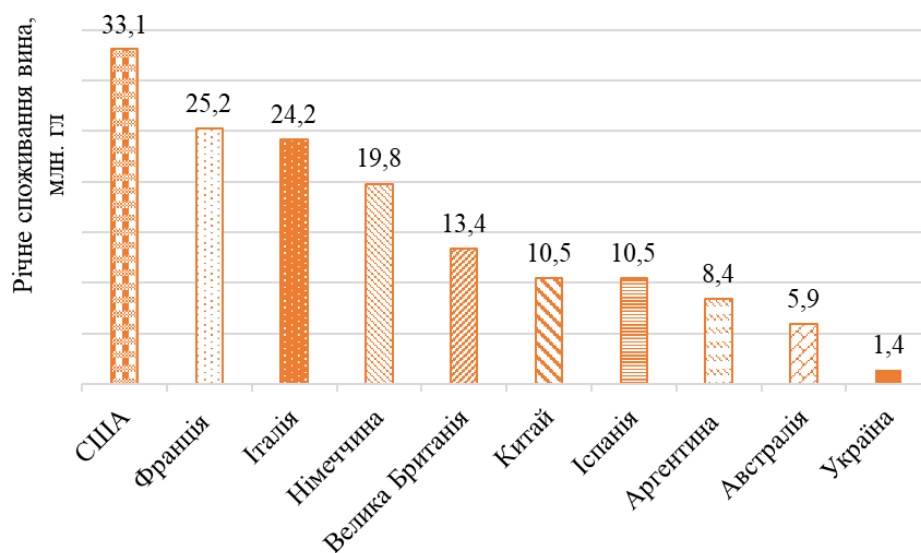


Рис. 3. Світове споживання виноробної продукції

Слід зазначити, що до ринку вина також відносять і вина з плодів та ягід. За товарознавчою класифікацією вони належать до слабоалкогольних напоїв, однак, є винами.

Сьогодні більшість людей прагне до здорового способу життя, тому менше вживають алкогольні напої, зокрема, й вина. Однак інтерес споживачів до плодово-ягідних вин стрімко зростає, що пов'язано із значно меншим вмістом в них алкоголю. Все більше людей шукає золоту середину між випивкою та функціональністю, а функціональності таких напоїв досягти значно

легше завдяки високому вмісту біологічно-активних речовин в сировині та меншому вмісту алкоголю. Виробництво вин із плодів та ягід інтенсивно зростає, вони все більше заповнюють ринок [17]. Для виробництва плодово-ягідних вин використовується широкий асортимент плодів та ягід, що позитивно впливає на харчовий профіль напою. Так, для виробництва зазначених слабоалкогольних напоїв широко застосовують яблука, груші, вишні, чорницю, калину, обліпиху тощо [12; 13; 15; 20; 25; 31; 33].

На сьогодні найбільший ринок слабоалкогольних напоїв, а саме – плодово-ягідних вин, – це Німеччина, але США швидкими темпами наздоганяє країну-лідера. Крім того, значний сегмент ринку цих напоїв займають такі країни як Велика Британія, Франція, Іспанія, Японія, Австралія, Бразилія, Канада та ПАР. Однак експерти відзначають, що у лідера ринку, Німеччини, продажі цієї продукції у 2021 році знизилися

на 5 % порівняно із 2020 роком, а в США вони, навпаки, зросли на 30 %, що суттєво наближує цю країну до лідерства на ринку. Загальна світова динаміка – це зростання сегменту напоїв із низьким вмістом алкоголю на 3 % щороку [16].

Враховуючи такі тенденції на ринку, досліджено асортимент плодово-ягідних вин на ньому (табл. 1).

Таблиця 1

Асортимент плодово-ягідних вин на світовому ринку [3; 20; 29]

Країна-виробник	Торгова марка	Продукт та його характеристика
Німеччина	TM Katlenburger	Вино червоне, солодке, спирту 8,5 % об., тихе. Основа – полуниця
		Вино червоне, солодке, спирту 8,5 % об., тихе. Основа – ожина
		Вино червоне, солодке, спирту 8,5 % об., тихе. Основа – вишня
		Глінтвейн Apple Cinnamon, біле, напівсолодке, спирту 8,5 % об., тихе. Основа – яблука з додаванням кориці
		Вино біле, напівсолодке, спирту 8,5 % об., ігристе. Основа – манго
	TM Valensina	Глінтвейн Orange-Pomegran, червоне, солодке, спирту 6,5 % об., тихе. Основа – купаж апельсину і гранату з додаванням кориці
		Глінтвейн Orange-Tangerine, біле, солодке, спирту 6,5 % об., тихе. Основа – апельсиново-мандариновий купаж з додаванням кориці
Франція	TM Fruits & Wine	Вино Blackberry Fruits and Wine червоне, напівсолодке, спирту 7,3 % об., тихе, ароматизоване. Основа – червоне виноградне вино (63 %) і сік ожини (7 %), ароматизатор ожини та цукровий сироп
		Вино Fruits and Wine червоне, напівсолодке, спирту 7,3 % об., тихе, ароматизоване. Основа – червоне виноградне вино (63 %) і сік малини (3 %), ароматизатор малини та цукровий сироп
Японія	TM CHOYA	Лікер білий, спирту 10,0 % об., тихий. Основа – плоди уме (японська слива)
		Вино біле Silver, солодке, спирту 10,0 % об., тихе. Основа – купаж соків японської сливи та персику
		Вино біле Umeshu, солодке, спирту 10,0 % об., тихе. Основа – сік японської сливи
Україна	TM Naomi	Вино червоне «Червоний гранат», солодке, спирту 11,0 % об., тихе. Основа – купаж червоного виноградного вина, екстракту гранату, екстракту вишні та винного настою рослинної сировини
	TM Ореанда	Напій винний Мікадо (абрикос, слива), солодке, спирту 16,0 % об., тихе. Основа – купаж червоного або білого виноградного вина із спиртовим екстрактом сливи або абрикосу

З даних таблиці бачимо, що плодіві вина Франції створюють на основі виноградних вин за додавання відповідних соків у кількості до 10 % та ароматизаторів. Плодово-ягідні вина Італії не внесено до таблиці, але проаналізовано. Виявлено, що ці напої також виготовляють на основі виноградних вин, але за додавання барвників і ароматизаторів плодової сировини. Ці вина лише імітують справжні плодово-ягідні напої, однак вони також мають свого споживача. На нашу думку така особливість складу плодово-ягідних вин у Франції та Італії пов'язана з тим, що дані регіони мають сприятливі кліматичні умови для вирощування саме винограду та є передовими

виробниками виноградних вин. Садові ж культури не вирощуються в достатніх кількостях і асортименті для забезпечення підприємств достатньою кількістю сировини.

Згідно з наведеними в табл. 1 даними, українські виробники також виготовляють плодово-ягідні вина на основі виноградних виноматеріалів із застосуванням концентрованих соків або спиртових екстрактів відповідних плодів. Можливо така тенденція присутня на ринку нашої країни через вищу спиртуозність цих напоїв, що раніше більше приваблювало споживача, імітуючи натуральні виноградні вина. Другою причиною проведення технологічного процесу саме таким чином може бути прагнення виноробів

знизити втрати під час виробництва виноградних вин. Відомо, що в технології натуральних виноградних вин не можна використовувати воду [6] на відміну від плодово-ягідних напоїв. Під час промивання технологічних ліній на виробництвах після переливок, викачуванні готового вина на розлив спостерігаються значні втрати вина, адже з метою уникнення попадання води в резервуари з вином велика кількість продукту разом з промивними водами зливається в каналізацію. Це суттєво впливає як на ціну готового напою, так і на забруднення навколишнього середовища. У зв'язку з цим деякі виробники вважали за доцільне зливати промивні води в окремі ємності та використовувати їх з метою створення нового продукту шляхом застосування фруктових соків або спиртових екстрактів із плодів. Це значно скорочує витрати виробництва та збільшує прибуток виробника. Крім того, забезпечується більша екологічність виробництва.

Слід зауважити, що Україна багата на різноманітні плодови та ягідні культури, що можуть використовуватися самостійно для виробництва вин. Це дозволить отримати напої високої якості із натуральним

вираженим смаком і ароматом, що зможуть конкурувати з натуральними плодово-ягідними винами Німеччини. Крім того, виробництво вина із плодів та ягід дозволить значно розширити асортимент виноробної продукції, отримати натуральні напої із зниженим вмістом спирту, що є актуальним на сьогоднішній день для більшості людей, які прагнуть до здорового способу життя. Розвиваючи плодово-ягідне виноробство в нашій країні можна досягти значного економічного ефекту, що буде суттєвим не лише для виробника, а й для держави в цілому.

Однак слід пам'ятати, що при виробництві плодово-ягідних вин виробник може стикатися із значними труднощами в технологічному процесі, що пов'язані із затуханням бродіння та утворенням недобродів. Це викликано нестачею азотного живлення для дріжджів, адже в плодах і ягодах міститься значно менше засвоюваного азоту, ніж у винограді [6; 12]. З метою активації азотного живлення у виробництві вин із плодів і ягід сьогодні використовують спеціальні добавки – активатори бродіння. Асортимент таких добавок та технологічний ефект від їх внесення наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Активатори азотного живлення винних дріжджів [7; 8; 12; 21; 27; 32]

Назва добавки (торгова марка)	Діюча речовина	Ефект від внесення
Актиферм 1 і 2	Тіамін, аміачний азот, інактивовані сухі дріжджі	Прискорення процесу бродіння, уникнення затухання бродіння та утворення недобродів, можливість отримати сухі виноматеріали, покращення аромату готового напою
Активіт Нат	Органічний азот (амінокислоти та пептиди з низькою молекулярною масою)	Прискорення процесу бродіння, уникнення затухання бродіння та утворення недобродів, можливість отримати сухі виноматеріали, покращення аромату готового напою
Вітамон комбі	Група вітамінів А і В, чистий фосфат амонію	Можливість контролювати і стабілізувати процес бродіння, стимулювання розмноження дріжджів, покращення смакових характеристик готового напою. застосовується для виготовлення високоякісних вин, а також для процесу повторного бродіння
Нутріферм віт (супервіт)	Сульфат амонію, двоосновний фосфат амонію, тіамін	Швидке живлення дріжджів азотом, забезпечення стабільного бродіння, забезпечення насиченості суслу вітамінами при термовініфікації
Фермейд І	Інактивовані дріжджі, азот та тіамін	Компенсація азотної недостатності, запобігання млявому або перерваному бродінню, адсорбція токсинів, покращення аромату готових напоїв

Аналізуючи наведені в табл. 2 дані можемо зробити висновок – всі добавки, що використовуються з метою живлення дріжджів, містять в своєму складі, окрім

поживних форм азоту, ще й вітамін В₁ (тіамін) який є незамінним фактором росту дріжджів. Такі добавки як Актиферм 1 і 2 та Фермейд І містять в своєму складі інакти-

вовані дріжджі. Це є дуже перспективним, оскільки неактивні дріжджі є природним джерелом амінокислот, білків, полісахаридів, мінеральних солей, вітамінів, багатоланцюгових жирних кислот та стеринів. При цьому стінки неактивних дріжджів добавки дозволяють адсорбувати токсини, що утворюються при бродінні. Це покращує функціональний та органолептичний профіль напоїв.

За використання добавок для живлення у всіх випадках активізується процес бродіння завдяки вмісту в них засвоюваних форм азоту та вітамінів. Однак використання їх може негативно відобразитися на думці споживачів, які можуть вважати, що внаслідок внесення хімічних активаторів бродіння напоїв стає ненатуральним. Таким чином, як альтернативи таким добавкам, актуальним є пошук натуральної сировини, що може використовуватися як азотне живлення для дріжджів у виробництві

плодово-ягідних вин. Такою сировиною перспективно вважати шрот зародків пшениці (ШЗП), оскільки цей продукт є джерелом рослинного білка, містить в своєму складі широкий спектр вітамінів та мінеральних речовин [23]. Ефективність використання такого шроту для активації бродіння хлібопекарських дріжджів було доведено експериментально [11; 22; 24]. Також нашими попередніми дослідженнями було встановлено, що внесення ШЗП до сливового суслу із дріжджами роду *Saccharomyces cerevisiae*, а саме Oenoferm C2, активує їх розмноження, сприяє прискоренню накопичення біомаси [10]. Це можливо завдяки високій концентрації поживних речовин для дріжджів у ШЗП, а також сприятливого складу його вуглеводів. Тому вважали актуальним проаналізувати вміст білку та вуглеводів у запропонованій додатковій сировині (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст вуглеводів та білка в шроті зародків пшениці [23]

Речовина	Масова частка речовини, г/100 г
Білки	45,0
Вуглеводи	44,8
у т. ч. моно-, дисахариди	22,0
Крохмаль	сліди
Некрохмальні полісахариди	22,8
Лігнін	1,0

Як видно з таблиці 3, шрот зародків пшениці багатий на білок, що дозволить забезпечити азотне живлення винним дріжджам, знизить вірогідність затухання бродіння та утворення недобродів. Як бачимо, вуглеводи шроту значною мірою представлено моно- та дисахаридами. Це буде також позитивно впливати на інтенсивність проходження процесу бродіння

плодово-ягідного суслу, адже із шротом буде внесено додаткові поживні речовини для дріжджів. Однак це буде можливим лише у випадку наявності легкозасвоюваних цукрів у складі моно- та дисахаридів. У зв'язку з цим було вирішено вивчити склад вуглеводів шроту зародків пшениці (рис. 4).

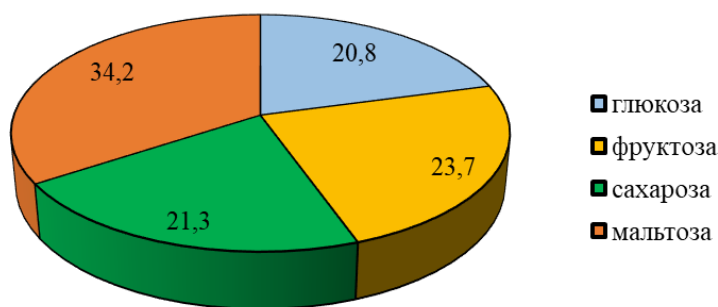


Рис. 4. Якісний склад цукрів шроту зародків пшениці, %

Дослідження якісного складу цукрів показали (рис. 4), що вуглеводи шроту представлено переважно легкозасвоюваними цукрами, що поряд із значним вмістом білку (45 %) дозволить забезпечити якісне живлення дріжджів у процесі бродіння та уникнути затухання бродіння й утворення недобродів. Крім того, ШЗП є натуральною біологічно активною добавкою, функціональність якої доведена [18]. Окрім суттєвого технологічного ефекту це позитивно вплине на думку споживача щодо натуральності та функціональності напоїв за його використання.

Таким чином, проаналізувавши світовий ринок алкогольних напоїв було встановлено, що інтенсивне зростання спостерігається у сегменті слабоалкогольних та ферментованих напоїв, в тому числі – плодово-ягідних вин. Виявлено технологічні

проблеми, що постають перед виробниками, розглянуто можливі шляхи їх вирішення та запропоновано власні.

Висновки

В роботі вивчено структуру ринку алкогольних напоїв в Україні та світі, наведено аналіз асортименту плодово-ягідних вин. Вивчено асортимент добавок, що використовуються в якості азотного живлення, їх склад та ефект від використання в технологічному процесі. Встановлено, що шрот зародків пшениці є перспективною сировиною для живлення винних дріжджів завдяки вмісту білка, вуглеводів, вітамінів та мінеральних речовин. Експериментально доведено, що цукри шроту переважно представлені легко засвоюваними цукрами, що сприяє активізації процесу бродіння.

References

1. Aktsyznyi podatok na alkoholni napoi ta tiutiunovi vyroby [Excise tax on alcoholic beverages and tobacco products]. <http://ck.sfs.gov.ua/media-ark/news-ark/print-289715.html>
Акцизний податок на алкогольні напої та тютюнові вироби. URL: <http://ck.sfs.gov.ua/media-ark/news-ark/print-289715.html> (дата звернення: 18.10.2022).
2. Avercheva, N. O. (2021). Rehionalni aspekty rozvytku vynohradarstva i vynorobstva v Ukraini [Regional aspects of the development of viticulture and winemaking in Ukraine]. *Abrosvit*, 23, 39–48.
Аверчева Н. О. Регіональні аспекти розвитку виноградарства і виноробства в Україні. *Абросвіт*. 2021. № 23. С. 39–48.
3. Choya Original Japanese Ume Fruit. URL: <https://www.garrafeiranacional.com/choya-original-japanese-ume-fruit.html#>
4. Drobot, V. I., Yurchak, V. H., Bilyk, O. A., Bondarenko, Yu. V. ta in. (2015). Tekhnokhimichniy kontrol syrovyny ta khlibobulochnykh i makaronnykh vyrobiv: navch. Posibnyk [Technochemical control of raw materials and bakery and pasta products: training. manual]. Kyiv, 972 s.
Дробот В. І., Юрчак В. Г., Білик О. А., Бондаренко Ю. В. та ін. Технохімічний контроль сировини та хлібо-булочних і макаронних виробів: навч. посібник. Київ, 2015. 972 с.
5. Gratsiotova, G. O. (2019). Stratehiia zdiisnennia zmin na pidpriemstvakh vynorobnoi promyslovosti [The strategy of making changes at enterprises of the wine industry]. *Economic journal Odessa polytechnic university*, 3(9), 161–172.
Граціотова Г. О. Стратегія здійснення змін на підприємствах виноробної промисловості. *Economic journal Odessa polytechnic university*. 2019. № 3(9). С. 161–172.
6. Ivanov, S.V., Domaretskyi, V.A., Prybylskyi, V.L. ta in. (2012). Innovatsiini tekhnolohii produktiv brodinna i vynorobstva [Innovative technologies of fermentation products and winemaking: a textbook]. pidruchnyk. Kyiv, 487 s.
Іванов С.В., Домарецький В.А., Прибильський В.Л. та ін. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підручник. Київ, 2012. 487 с.

7. Kharchuvannia dlia drizhdzhiv Fermaid E [Nutrition for yeast Fermaid E]. <https://www.shop-vine.com/ua/product/fermaid-e/>
Харчування для дріжджів Fermaid E. URL: <https://www.shop-vine.com/ua/product/fermaid-e/> (дата звернення: 18.10.2022)
8. Kharchuvannia dlia drizhdzhiv Vitamon Combi [Nutrition for yeast Vitamon Combi]. <https://svitroslyn.ua/ua/catalog/pitanie-dlya-drozhzhey-vitamon-combi-10-g.html>
Харчування для дріжджів Vitamon Combi. URL: <https://svitroslyn.ua/ua/catalog/pitanie-dlya-drozhzhey-vitamon-combi-10-g.html> (дата звернення: 20.10.2022)
9. Kolesnichenko, O. Staly menshe pyty? Yak viina zminyly alkoholni zvychky ukrainsiv ta rynek [Have you started drinking less? How the war changed the alcoholic habits of Ukrainians and the market]. *Ukrainska pravda. Ekonomichna pravda*. <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/09/6/691168/>
Колесніченко О. Стали менше пити? Як війна змінила алкогольні звички українців та ринок. *Українська правда. Економічна правда*. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/09/6/691168/> (дата звернення: 20.10.2022)
10. Lapytska, N. V., Savchenko, O. M., Berezhniak, K. O., & Kovalenko, A. A. (2022). Vplyv shrotu zarodkiv pshenytsi na morfolohiiu vynnykh drizhdzhiv [The influence of wheat germ meal on the morphology of wine yeast]. *Suchasni tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv: tezy dop. IV Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf., 18 – 20 travnia 2022. / DNU imeni Olesia Honchara. Dnipro, 111–116*
Лапицька Н. В., Савченко О. М., Бережняк К. О., Коваленко А. А. Вплив шроту зародків пшениці на морфологію винних дріжджів // Сучасні технології харчових виробництв: тези доп. IV Міжнародної наук.-практ. конф., 18 – 20 травня 2022. / ДНУ імені Олесь Гончара. Дніпро, 2022. С. 111 – 116
11. Lapytska, N. V. (2020). Udoskonalennia tekhnolohii khliba zhytno-pshenychnoho z vykorystanniam shrotiv zarodkiv zernovykh kultur ta plodiv shypshyny [Improvement of the technology of rye-wheat bread with the use of grain seed meal and rose hip fruit]: dys. ... doktora filosofii: haluz znan 18 Vyrobnytstvo ta tekhnolohii, spets. 181 Kharchovi tekhnolohii.. Kharkiv, 245 s.
Лапицька Н. В. Удосконалення технології хліба житньо-пшеничного з використанням шротів зародків зернових культур та плодів шипшини: дис. ... доктора філософії: галузь знань 18 Виробництво та технології, спец. 181 Харчові технології. Харків, 2020. 245 с.
12. Lytovchenko, O. M., & Haidai, I. V. (2018). Zastosuvannia azotnoho zhyvlennia dlia drizhdzhiv pry vyrobnytstvi yabluchnykh vynomaterialiv [The use of nitrogen nutrition for yeast in the production of apple wine materials]. *Modern scientific researches*, 6(1), 33–37.
Литовченко О. М., Гайдай І. В. Застосування азотного живлення для дріжджів при виробництві яблучних виноматеріалів. *Modern scientific researches*. 2018. № 6, Ч. 1. С. 33–37.
13. Lytovchenko, O. M., Moskalets, T. Z., Moskalets, V. V., Kuznietsov, A. V., Tokar, A. Yu., & Vovkohon, A. H. (2020). Tekhnolohichni osnovy formuvannia yakosti vynomaterialiv z plodiv oblipykhy krushynopodibnoi (*Hippophae ramnoides* L.) u zalezhnosti vid sposobiv yikh pererobky [Technological bases of the formation of the quality of wine materials from the fruits of sea buckthorn (*Hippophae ramnoides* L.), depending on the methods of their processing]. *Sadivnytstvo*, 75, 205–217.
Литовченко О. М., Москалець Т. З., Москалець В. В., Кузнєцов А. В., Токар А. Ю., Вовкогон А. Г. Технологічні основи формування якості виноматеріалів з плодів обліпихи крушиноподібної (*Hippophae ramnoides* L.) у залежності від способів їх переробки. *Садівництво*. 2020. № 75. С. 205–217.
14. Matviichuk, N. P. (2017). Analiz rynku plodovo-yahidnoi produktsii Ukrainy [Market analysis of fruit and berry products of Ukraine]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnogo universytetu*, 12(2), 18–23.
Матвійчук Н. П. Аналіз ринку плодово-ягідної продукції України. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2017. № 12, Ч. 2. С. 18–23.
15. Mendes-Ferreira, A., Coelho, E., Barbosa, C., Oliveira, J. M., & Mendes-Faia, A. (2018). Production of blueberry wine and volatile characterization of young and bottle-aging beverages. Wiley. *Food science and Nutrition*, 7, 617–627.

16. Na 1/3 za try roky zroste rynek slaboalkoholnykh i bezalkoholnykh napoiv [The market of low-alcohol and non-alcoholic beverages will grow by 1/3 in three years]. <https://barout.media/news/na-1-3-za-try-roky-zroste-rynok-slaboalkogolnyh-i-bezalkogolnyh-napoyiv/>
На 1/3 за три роки зросте ринок слабоалкогольних і безалкогольних напоїв. URL: <https://barout.media/news/na-1-3-za-try-roky-zroste-rynok-slaboalkogolnyh-i-bezalkogolnyh-napoyiv/> (дата звернення: 01.11.2022)
17. Nazvano TOP-6 svizhykh trendiv na rynku napoiv [The TOP-6 fresh trends in the beverage market have been named]. <https://agronews.ua/news/nazvano-top-6-svizhykh-trendiv-na-rynku-napoiv/>
Названо ТОП-6 свіжих трендів на ринку напоїв. URL: <https://agronews.ua/news/nazvano-top-6-svizhykh-trendiv-na-rynku-napoiv/> (дата звернення: 01.11.2022)
18. NV TOV «Zhytomyrbioprodukt»: ofitsiyni sait kompanii [«Zhytomyrbioprodukt» LLC: the company's official website]. <https://bioproduct.com.ua/ua/#>
НВ ТОВ «Житомирбіопродукт»: офіційний сайт компанії. URL: <https://bioproduct.com.ua/ua/#> (дата звернення: 01.11.2022)
19. Obniavko, V.O. (2020). Status and prospects of development of viticulture and winemaking in Odessa region. *Prychornomors'ki ekonomichni studii*, 52-1, 93–99.
20. Olar, K. (2022). Sydr: perspektyvy napoiu na ukrainskomu rynku [Cider: prospects of the drink on the Ukrainian market]. *Napoi. Tekhnologii ta innovatsii*, 3(92), 49–52.
Олар К. Сидр: перспективи напою на українському ринку. *Напої. Технології та інновації*. 2022. № 3(92). С. 49–52.
21. Olennykov, D. Y., & Rokhyn, A. V. (2010). Polysakharydy Fabaceae III. Halaktomannan semian *Astragalus cicer* [Fabaceae III polysaccharides. Seed galactomannan *Astragalus cicer*]. 2, 143–145.
Оленников Д. И., Рохин А. В. Полисахариды Fabaceae III. Галактоманнан семян *Astragalus cicer*. *Химия природных соединений*. 2010. № 2. С. 143–145.
22. Oliinyk, S., Samokhvalova, O., Lapitska, N., & Kucheruk, Z. (2020). Studying the influence of meats from wheat and oat germs, and rose hips, on the formation of quality of rye-w heat dough and bread. *Eastern European Journal of Advanced Technologies. Technology and equipment of food production*. 1/11(103), 59–65.
23. Oliinyk, S., Samokhvalova, O., Lapitskaya, N., & Kucheruk, Z. (2020). Study of the influence of meals of wheat and oat germs and wild rose fruits on the fermenting microflora activity of rye-wheat dough. *Eureka: Life Sciences*, 1, 40–47.
24. Oliinyk, S. H., Samokhvalova, O. V., & Lapytska, N. V. (2020). Vyvchennia shrotiv zarodkiv pshenytsi, vivsa ta plodiv shypshyny na tekhnolohichni kharakterystyky khlibopekarskykh drizhdzhiv [Study of wheat germ, oat, and rose hip meal for technological characteristics of baker's yeast]. *Rozvytok kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho ta hotelnoho hospodarstv i torhivli: problemy, perspektyvy, efektyvnist: Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 14 travnia 2020 r. / KhDUKhT. Kharkiv, Ch. 1, 89–90.*
Олійник С. Г., Самохвалова О. В., Лапицька Н. В. Вивчення шротів зародків пшениці, вівса та плодів шипшини на технологічні характеристики хлібопекарських дріжджів // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: Міжнар. наук.-практ. конф., 14 травня 2020 р. / ХДУХТ. Харків, 2020. Ч. 1. С. 89–90.
25. Palamarchuk, D. P. (2020). Sovershenstvovanye tekhnolohyy polucheniya plodovykh vyn yz chernoplodnoi riabyny [Improving the technology for obtaining fruit wines from chokeberry]. *MTsNP «Novaia nauka»*, 386–392.
Паламарчук Д. П. Совершенствование технологии получения плодовых вин из черноплодной рябины. *МЦНП «Новая наука»*. 2020. С. 386–392.

26. Piat trendiv na rynku alkoholiu u 2022 rotsi [Five trends in the alcohol market in 2022]. <https://allretail.ua/analytics/77186-5-trendiv-na-rinku-alkogolyu-u-2022-roci>
П'ять трендів на ринку алкоголю у 2022 році. URL: <https://allretail.ua/analytics/77186-5-trendiv-na-rinku-alkogolyu-u-2022-roci> (дата звернення: 01.11.2022)
27. Pidkormka dlia drizhdzhiv NUTRIFERM VIT (SUPERVIT) [Fertilizer for yeast NUTRIFERM VIT (SUPERVIT)]. <https://garden-ua.com/shop/goods-for-wine/yeast-and-feeding-for-winemaking/nutrifer-m-vit-flo-supervit/>
Підкормка для дріжджів NUTRIFERM VIT (SUPERVIT). URL: <https://garden-ua.com/shop/goods-for-wine/yeast-and-feeding-for-winemaking/nutrifer-m-vit-flo-supervit/> (дата звернення: 03.11.2022)
28. Rynok napoiv: yak vplynuly svitovi tendentsii 2021 roku na alkoholnu haluz [Beverage Market: How 2021 Global Trends Impacted the Alcohol Industry]. <https://techdrinks.info/rynok-napoiv-yak-vplynuly-svitovi-tendentsiyi-2021-roku-na-alkogolnu-galuz/>
Ринок напоїв: як вплинули світові тенденції 2021 року на алкогольну галузь. URL: <https://techdrinks.info/rynok-napoiv-yak-vplynuly-svitovi-tendentsiyi-2021-roku-na-alkogolnu-galuz/> (дата звернення: 03.11.2022)
29. Spysok tovarov brenda KATLENBURGER [List of brand products KATLENBURGER]. <https://alcoprostir.com/ru/brand/516-katlenburger>
Список товаров бренда KATLENBURGER. URL: <https://alcoprostir.com/ru/brand/516-katlenburger> (дата звернення: 03.11.2022)
30. Svitove spozhyvannia vyna 2021 – analityka OIV [World wine consumption 2021 - OIV analysis]. <https://drinks.ua/news/svitove-spozhyvannja-vina-2021-analitika-oiv/>
Світове споживання вина 2021 – аналітика OIV. URL: <https://drinks.ua/news/svitove-spozhyvannja-vina-2021-analitika-oiv/> (дата звернення: 03.11.2022)
31. Swami, Sh. B., Thakor, N.J., & Divate, A.D. (2014). Fruit Wine Production: A Review. *Journal of Food Research and Technology*, 2(3), 93–100.
32. Tkachenko, O. B., Kananykhina, O. M., Pashkovskiy, O. I., & Trach, O. V. (2017). Osoblyvosti bilkovoho metabolizmu drizhdzhiv u protsesi vyrobnytstva vynomaterialiv iz syrovyny Odeskoho rehionu [Features of protein metabolism of yeast in the process of production of wine materials from raw materials of the Odesa region]. 77 naukova konferentsiia vykladachiv akademii: zb. tez. dop. 18 – 21 kvitnia. Odesa. ONAKhT. 168–169.
Ткаченко О. Б., Кананихіна О. М., Пашковський О. І., Трач О. В. Особливості білкового метаболізму дріжджів у процесі виробництва виноматеріалів із сировини Одеського регіону // 77 наукова конференція викладачів академії: зб. тез. доп. 18 – 21 квітня 2017 р. Одеса. ОНАХТ. С. 168–169.
33. Voitsekhivskiy, V., Tokar, A., Smetanska, Y., & Voitsekhivska, O. Osoblyvosti khimichnoho skladu ta yakosti sortovykh yabluchnykh vynomaterialiv [Peculiarities of the chemical composition and quality of varietal apple wines]. Intellectual potential of the xxi century '2015. Tekhnicheskyye nauky/Tekhnolohyyu prodovolstvennykh tovarov. <http://www.sworld.education/conference/molodej-conference-sw/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/november-2015>
Войцехівський В., Токар А., Сметанська І., Войцехівська О. Особливості хімічного складу та якості сортових яблучних виноматеріалів // Intellectual potential of the xxi century '2015. Технические науки/Технологии продовольственных товаров. URL: <http://www.sworld.education/conference/molodej-conference-sw/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/november-2015>
34. Zverkova, Yu. TOP-9 krain z naivyshchym rivnem spozhyvannia vyna [TOP-9 countries with the highest level of wine consumption]. <https://shuba.life/articles/6077-top-9-krayin-z-najvishim-rivnem-spozhyvannya-vina>
Зверькова Ю. ТОП-9 країн з найвищим рівнем споживання вина. URL: <https://shuba.life/articles/6077-top-9-krayin-z-najvishim-rivnem-spozhyvannya-vina> (дата звернення: 03.11.2022)

Cite this article in APA Style as:

Лапицька, Н., Бережняк, К. (2022). Аналіз ринку плодово-ягідних вин та активаторів бродіння [Analysis of the market of fruit and berry wines and fermentation activators]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 3, 87–99. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Ларуцька Н. [*in Ukrainian: Лапицька Н.*] ¹, Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: nadegda.lapitskaja@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2431-4373

Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, Т.Н. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Бережняк К. [*in Ukrainian: Бережняк К.*] ², student, e-mail: kberezhniak@gmail.com

Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, Т.Н. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

¹ Study design, statistical analysis, manuscript preparation

² Statistical analysis, manuscript preparation

UDC 664.661.64.016.8

Юлія Бондаренко, Галина Андронович, Олена Білик, Оксана Кочубей-Литвиненко

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАМОЧУВАННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Yuliia Bondarenko, Galina Andronovich, Olena Bilyk, Oksana Kochubei-Lytvynenko

OPTIMIZING THE PARAMETERS OF SOAKING FLAX SEEDS
FOR THE PRODUCTION OF WHEAT BREAD

DOI: 10.58407/bht.3.22.9

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Бондаренко, Ю., Андронович, Г., Білик, О., Кочубей-Литвиненко О., 2022

АНОТАЦІЯ

Збагачення хлібобулочних виробів насінням льону зумовлює покращання фізіологічних властивостей виробів, однак часто супроводжується погіршенням органолептичних та фізико-хімічних показників якості, що потребує проведення подальших досліджень щодо розроблення технологічних заходів та рекомендацій для отримання виробів з хорошими споживчими властивостями. Таким технологічним заходом є попереднє замочування насіння льону. Використовуючи методику експериментально-статистичного моделювання для вирішення задач типу «Технологія – властивість» здійснили оптимізацію параметрів замочування насіння льону.

У роботі використовували насіння жовтонасіневого сорту льону олійного «Світлозір». Дозування насіння льону у рецептурі пшеничного хліба становило 15 % до маси борошна. Контрольним був зразок тіста з додаванням сухого насіння льону, дослідний зразок тіста замішували з додаванням попередньо замоченого насіння льону. За допомогою симплекс-центроїдних планів Шеффе в середовищі математичного пакету MathCad15 встановлено оптимальні параметри замочування насіння льону, застосування яких сприяє підвищенню питомого об'єму виробів та покращанню стану їх м'якушки.

Мета статті. Встановити оптимальні параметри замочування насіння льону у технології пшенично-ляного хліба.

Методологія. Для проведення досліджень використовували органолептичні та фізико-хімічні методи досліджень. Моделювання та обробка експериментальних даних виконувалися за допомогою математичного пакету MathCad та «Аналізу даних» (ET) MS Excel.

Наукова новизна. Методом експериментально-статистичного моделювання вперше встановлено параметри операції замочування насіння льону у виготовлені пшеничного хліба: гідромодуль 3, температура води для замочування 60 °С, тривалість замочування 120 або 150 хв. Вивченням мікроструктури тіста вперше встановлено, що збільшення питомого об'єму хліба у разі застосування замоченого насіння льону досягається завдяки тому що екстраговані у рідку фазу водорозчинні полісахариди насіння льону під час замішування тіста проявляють структуроутворювальні властивості, формуючи у тістовій системі розвинену просторову структуру.

Висновки. На підставі експериментальних досліджень та оптимізації технологічного процесу було встановлено, що у разі використання насіння льону у виробництві пшеничного хліба доцільно застосовувати операцію замочування насіння льону за таких параметрів: гідромодуль – 3, температура води для замочування – 60°С, тривалість замочування – 120 або 150 хв. За результатами пробного лабораторного випікання встановлено, що застосування визначених параметрів замочування насіння льону у виробництві пшеничного хліба сприяє підвищенню питомого об'єму хліба на 36 %, порівняно зі зразком без замочування.

Ключові слова: насіння льону, хліб, замочування, тісто, водорозчинні полісахариди оптимізація, мікроструктура тіста.

ABSTRACT

Enrichment of bakery products with flax seeds improves the physiological properties of the products, but it is often accompanied by a deterioration of sensory, physical, and chemical qualities, which requires further research into the development of technological measures and recommendations for obtaining products with good consumer properties.

Pre-soaking of flax seeds is one such technological measure. Optimizing the parameters of soaking flax seeds was carried out using the experimental and statistical modeling method to solve problems of the «Technology – property» type.

In this work, the seeds of the yellow-seeded oil flax of «Svitlozir» variety were used. The dosage of flax seeds in the wheat bread recipe was 15 % to the weight of the flour. The control sample was dough with dry flax seeds, and the experimental sample was dough with pre-soaked flax seeds.

With the help of simplex-centroid Scheffe plans in MathCad15, the optimal parameters of flax seed soaking were determined, the use of which helps to increase the specific volume of products and improve the condition of bread crumb.

The purpose of this paper is to establish the optimal parameters for pre-soaking flax seeds in wheat-flax bread technology.

Methodology. Sensory, physical, and chemical research methods were used in this study. Modeling and processing the experimental data were performed using the mathematical package MathCad and «Data Analysis» (ET) MS Excel.

Scientific novelty. Using experimental and statistical modeling method, the parameters of pre-soaking flax seeds in wheat bread technology were determined for the first time: hydromodule 3, soaking water temperature 60 °C, soaking duration 120 or 150 min. By studying the microstructure of the dough, it was first established that an increase in the specific volume of bread using soaked flax seeds is achieved due to the fact that water-soluble flax seed polysaccharides extracted into the liquid phase during the kneading of the dough exhibit structure-forming properties, forming a developed spatial structure in the dough system.

Conclusions. Based on experimental studies and optimization of the technological process, it was established that when using flax seeds in the production of wheat bread, it is advisable to apply the operation of pre-soaking flax seeds with the following parameters: hydromodule 3, soaking water temperature 60 °C, soaking duration 120 or 150 min. According to the results of trial laboratory baking, it was established that using specified parameters of pre-soaking flax seeds in the production of wheat bread contributes to increasing specific volume of bread by 36 %, compared to the sample without soaking.

Key words: flax seeds, bread, soaking, dough, water-soluble polysaccharides, optimization, dough microstructure.

Постановка проблеми

Актуальність роботи. У структурі харчування населення всього світу, в тому числі України, спостерігаються негативні зміни зумовлені зменшенням вживання біологічно цінних продуктів при одночасно стабільно високому рівні споживання рафінованих продуктів. Це обумовлює «прихований голод» внаслідок дефіциту в харчовому раціоні людей вітамінів, макро- і мікроелементів і речовин, які мають антиоксидантні властивості [14]. Нещодавнє дослідження харчових звичок у 195 країнах показало, що неповноцінне харчування – причина 20 % передчасних смертей [10]. У зв'язку з цим, значної актуальності набуває проблема забезпечення населення не лише повноцінними та здоровими харчовими продуктами, а й функціональними. Щоденним продуктом харчування людини є хлібобулочні вироби. Включення до рецептури хлібобулочних виробів насіння льону дозволяє покращити їх функціональні властивості та харчову цінність. Унікальність насіння льону в тому, що воно є джерелом одночасно трьох груп біологічно активних речовин важливих для здоров'я людини: α -ліноленової кислоти, розчинних і нерозчинних харчових волокон [7, 6] та лігнанів [20].

В НУХТ було встановлено, що для збагачення пшеничного хліба насінням

льону, його технологічно можливе дозування становить 15 % до маси борошна [3]. При цьому відзначено, що для покращання якості готових виробів з додаванням цілого насіння льону, доцільно застосовувати технологічні заходи, наприклад, операцію попереднього замочування насіння льону.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В останнє десятиліття зростає роль льону у харчовій промисловості і це не дивно, адже попит на нього вийшов на новий виток завдяки науці, яка оцінила його значення для здоров'я людини.

Ляне насіння багате на жир і білки. Вважається, що насіння льону містить 19...33 % білка, жиру 30...50 %, вуглеводів 12...26 %, золи 3...4 %, вітаміни та інші біологічно активні речовини. Відсоток жиру в насінні льону є стійкою сортовою ознакою для одних і тих же районів вирощування [19]. До складу лляної олії входять 5 основних жирних кислот: 2 насичені – пальмітинова (5-7 %), стеаринова (3-4 %) та 3 ненасичені – олеїнова (16-20 %), лінолева (14-17 %) та ліноленова (50-60 %). Значний вміст α -ліноленової кислоти в олії є одним із факторів, що надає насінню льону функціональних властивостей [2].

Позитивний вплив α -ліноленової кислоти доведено в багатьох клінічних дослідженнях, під час проведення яких виявлено чітку залежність між рівнем

надходження цієї кислоти в організм людини та зниженням захворюваності і смертності від серцево-судинної патології, насамперед від інфаркту та інсульту [13].

Дослідженнями *in vivo* показано, що включення насіння льону в раціон, насичений промислово гідрогінезованими трансжирами, завдяки вмісту в насінні α -ліноленової кислоти, дозволяє знизити вміст «поганого» холестерину та розвиток атеросклерозу [1].

Особливістю вуглеводного складу насіння льону є те, що більшість вуглеводів представлено у вигляді розчинних харчових волокон – слизеутворюючих полісахаридів. Слизеутворюючі полісахариди характеризуються високою вологоутримуючою здатністю, що надає їм властивостей структуроутворювача та загущувача харчових систем. Крім цього, важлива медико-біологічна роль полісахаридів насіння льону в тому, що вони сприяють зниженню глікемічного індексу, вмісту холестерину в крові. Відзначено їх позитивний вплив у профілактиці діабету і зменшенні ризику коронарної недостатності. Вважається, що полісахариди насіння льону проявляють радіопротекторні та іммунозахисні властивості [6, 9]. Підвищене споживання розчинних харчових волокон може знизити ризик серцево-судинних захворювань завдяки зниженню вмісту в організмі «поганого» холестерину [15].

Насіння льону – найбільш багате у рослинному світі джерело лігнанів (до 0,7...1,5 % від сухої маси насіння), серед яких переважає диглікозид секоїзолярици-резинолу. У роботах Prasad K. зі співавторами [17] показана превалююча роль лігнанів, порівняно з іншими складовими льону, в пригніченні розвитку гіперхолестеринового атеросклерозу. Лігнани насіння льону, на відміну, від лігнанів іншої рослинної сировини не розкладаються при підвищенні температури, навіть до 250°C [8].

Зважаючи на вміст в насінні льону біологічно активних речовин та клінічно доведений позитивний їх вплив на здоров'я людини, низка досліджень присвячена використанню насіння льону та продуктів його переробки у виробництві хлібо-булочних виробів як найбільш доступного продукту для харчування населення. У роботі [12] запропоновано виробництво пшеничного хліба з подрібненим насінням льону в кількості 8 % замість маси борошна.

Низкою вчених досліджено можливість включення в рецептуру хлібобулочних виробів лляного борошна, зокрема для підвищення харчової цінності булочних виробів та подовження тривалості їх зберігання авторами роботи [21] рекомендовано включати в їх рецептуру лляне борошно у кількості 3 % до маси борошна пшеничного; для збагачення іранського тосту доцільно додавати до 20 % лляного борошна [18]; у виробництві житньо-пшеничного хліба рекомендовано додавати лляне борошно від 5,0 % до 20,0 % замість житнього борошна [11].

Збагачення хлібобулочних виробів насінням льону та продуктами його переробки зумовлює покращання фізіологічних властивостей виробів, однак супроводжується формуванням виробів меншого об'єму та з не достатньо розвинутою пористістю м'якушки, що потребує проведення подальших досліджень щодо розроблення технологічних заходів та рекомендацій для отримання виробів з хорошими споживчими властивостями. В літературі існує інформація, що для покращання якості хлібобулочних виробів збагачених лляним борошном, його доцільно вносити у вигляді заварки [21], а у разі використання шроту насіння льону – рекомендовано у рецептуру хліба включати суху пшеничну клейковину та аскорбінову кислоту [5]. Особливістю цілого насіння льону є те, що на її поверхні розміщуються водорозчинні полісахариди у зневодненому стані, надаючи їй блискучого вигляду. У разі контакту насіння льону з водою найменші молекулярні фракції полісахаридів на поверхні оболонки гідратуються з утворенням більш в'язких, порівняно з водою, розчинів. Далі у гідратований стан починають переходити високомолекулярні полісахариди. Останніми гідратуються найбільш високомолекулярні полісахариди, що локалізуються у внутрішніх шарах оболонки насіння та в ендоспермі. Утворені розчини полісахаридів насіння льону характеризуються відносно низькою в'язкістю, мають високі емульгуючі та піноутворюючі властивості, завдяки чому братимуть участь у формуванні структурно-механічних властивостей тіста та покращуватимуть якість хліба [3]. Тому попереднє замочування насіння льону є ефективним технологічним

заходом покращання якості хліба збагаченого насінням льону.

Відомо, що кількість слизу, який утворюється під час контакту насіння льону з водою, залежить від параметрів замочування.

Для замочування насіння льону важливим є не лише підбір параметрів замочування насіння (гідромодуль, тривалість замочування та температура води для замочування), а й ефективне поєднання цих параметрів.

Мета роботи: встановити оптимальні параметри замочування насіння льону у технології пшенично-лляного хліба.

Методологія. Під час проведення досліджень використовували борошно пшеничне вищого сорту (ГСТУ 46.004-99); насіння льону олійного (ДСТУ 4967:2008); дріжджі хлібопекарські пресовані (ДСТУ 4812:2007); сіль кухонну харчову (ДСТУ 3583:2015); воду питну (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

У ході досліджень замішували зразки тіста за наступною уніфікованою рецептурою: борошно пшеничне 100 кг, дріжджі пресовані 3,0 кг, сіль кухонна харчова 1,5 кг, насіння льону 15 кг. Контрольним був зразок тіста з додаванням сухого насіння льону, дослідний зразок замішували з додаванням попередньо замоченого насіння льону.

У роботі використовували жовтонасінний сорт льону олійного «Світлозір», який отримували з Інституту олійних культур.

Тісто готували безопарним способом. Замішування тіста проводили в тістомісильній машині ESHER. Бродіння тіста відбувалося у термостаті за температури $(38 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносній вологості $(78 \pm 2)\%$ протягом 120 хв., після чого проводили оброблення тіста та формування тістових заготовок вручну. Остаточне вистоювання здійснювали у шафі вистоювання Sveba Dahlin AB DC-21 за температури $35-40^\circ\text{C}$ та відносній вологості 80-85% до повної готовності. Випікання виробів проводили у подовій печі марки Sveba Dahlin AB DC-21 за температури $200-220^\circ\text{C}$. Отримані зразки аналізували після повного остигання (через 4 год).

Замочування насіння льону проводили за різних значень температури води, тривалості замочування та гідромодулю. Оптимізацію параметрів замочування насіння льону здійснювали за методикою експериментально-статистичного

моделювання для вирішення задач типу «Технологія – властивість».

Мікроструктуру тіста визначали за допомогою електронного скануючого мікроскопу JEOL JSMM-200. Зразки тіста заморожували, висушували під вакуумом, піддавали зламу, напилували золу на ділянку зламу розміром 5 мм, після цього мікроскопіювали.

Готові вироби аналізували за органолептичними показниками (зовнішній вигляд, стан поверхні скоринки, структура пористості, смак, запах) та фізико-хімічними (питомий об'єм, формостійкість) [4].

Наукова новизна. Методом експериментально-статистичного моделювання вперше встановлено параметри операції замочування насіння льону у виготовленні пшеничного хліба: гідромодуль 3, температура води на замочування 60°C , тривалість замочування 120 або 150 хв. Вивченням мікроструктури тіста вперше встановлено, що збільшення питомого об'єму хліба у разі застосування замоченого насіння льону досягається завдяки тому що екстраговані у рідку фазу водорозчинні полісахариди насіння льону під час замішування тіста проявляють структуроутворювальні властивості, формуючи у тістовій системі розвинену просторову структуру.

Результати дослідження

Використовуючи методику експериментально-статистичного моделювання для вирішення задач типу «Технологія – властивість» здійснили оптимізацію параметрів замочування насіння льону.

В процесі моделювання досліджували залежність питомого об'єму (Y) хлібобулочних виробів від параметрів замочування насіння льону: тривалості замочування насіння льону (X_1), температури замочування насіння (X_2) та співвідношення кількості насіння та води для замочування (X_3).

Вибір діапазону факторного простору здійснювався на підставі результатів дослідження авторами [3] параметрів замочування.

Діапазон факторного простору наведений у таблиці 1.

Матриця планування експерименту і результати проведених досліджень представлені в табл. 2.

Таблиця 1

Діапазон факторного простору

Досліджувані фактори	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	нижній	верхній	нульовий	
X ₁ – тривалість замочування насіння льону, хв	90	150	120	30
X ₂ – температура замочування насіння льону, °С	40	80	60	20
X ₃ – гідромодуль води до маси насіння льону для замочування	1	3	2	1

Таблиця 2

Матриця планування експерименту і його результати

№ досліджу	Рівень фактору			Рівень фактору			Вихідна зміна	
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	Y _{експер.} , см ³ /Г	Y _{розрахункове} , см ³ /Г
1	0	0	0	120	60	2	2,55	2,403
2	0	0	+1	120	60	3	2,73	2,490
3	0	-1	+1	120	40	3	2,53	2,410
4	+1	0	+1	150	60	3	2,71	2,490
5	+1	-1	0	150	40	2	2,52	2,323
6	+1	-1	+1	150	40	3	2,58	2,410
7	-1	0	+1	90	60	2	2,70	2,476
8	-1	+1	+1	90	80	3	2,60	2,470
9	-1	+1	0	90	80	2	2,62	2,483

Моделювання та обробка експериментальних даних виконувалися за допомогою математичного пакету MathCad та «Аналізу даних» (ET) MS Excel [16].

В процесі оптимізації отримано рівняння математичної моделі, що має наступний вигляд:

$$Y = 1,99 + 0,004 \cdot X_1 + 0,004 \cdot X_2 + 0,087 \cdot X_3$$

Відношення дисперсії неадекватності до дисперсії експерименту становить F=1,43, критична величина розподілення Фішера FФ = 3,587 дають змогу отриманому

рівнянню регресії адекватно описувати процес і воно може бути використане для вибору оптимальних параметрів виробництва хлібобулочних виробів із застосуванням замочування насіння льону.

Для встановлення за яких саме параметрів замочування досягається максимальне значення питомого об'єму було здійснено оптимізацію процесу за допомогою симплекс-центроїдних планів Шеффе в середовищі математичного пакету MathCad15.

Встановлено, що максимальне значення питомого об'єму досягається при координатах оптимуму:

В кодованому вигляді

$$X_1 = 0$$

$$X_2 = 0$$

$$X_3 = +1$$

В кодованому вигляді

$$X_1 = +1$$

$$X_2 = 0$$

$$X_3 = +1$$

В натуральному вигляді

$$X_1 = 120 \text{ хв}$$

$$X_2 = 60 \text{ °С}$$

$$X_3 = 3$$

В натуральному вигляді

$$X_1 = 150 \text{ хв}$$

$$X_2 = 60 \text{ °С}$$

$$X_3 = 3$$

Таким чином, досягнення високого значення показника питомого об'єму хліба можливе за гідромодуль 3, температури води для замочування насіння 60°C та тривалості замочування як 120 хв, так і 150 хв. В подальших дослідженнях для раціонального використання виробничого часу виготовлення хліба із застосуванням замочування насіння льону його замочування рекомендовано проводити протягом 120 хв.

Для підтвердження ефективності застосування встановлених параметрів цесу

гідратації насіння льону проведено пробне лабораторне випікання, за якого дозування насіння льону становило 15 %, гідромодуль 3, тривалість гідратації 120 хв, температура води 60 °С. Контрольним був зразок із внесенням сухого насіння льону за такого ж дозування. Кількість води для замішування тіста вносила однакова в обох зразках. Результати аналізу готових виробів наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Показники якості готових виробів (n=3, p≥0,95, σ=3...5 %)

Показники	Результати вимірювань дослідних зразків хліба	
	Контроль з сухим насінням льону	Дослідний зразок із гідратованим насінням льону
Питомий об'єм хліба, см ³ /100 г	1,82	2,47
H/D подового хліба	0,40	0,45
Стан поверхні	Правильна, гладка із включеннями насіння льону, без тріщин і підривів.	Правильна, гладка із включеннями насіння льону на поверхні, без тріщин і підривів.
Колір скоринки	Світло-жовтий	Золотистий
Стан м'якушки	Колір кремовий, забарвлення рівномірне, насіння льону включене в м'якушку; в розрізі насінини – сухі. М'якушка дрібнопориста, еластична, швидко відновлюється після натискання.	Колір світлий, забарвлення рівномірне, насіння льону рівномірно розподілене по всій структурі м'якушки. М'якушка пружна, еластична, швидко відновлюється після натискання. Пористість тонкостінна. Насіння міцно включене в структуру м'якушки.
Смак і аромат	Властивий хлібу, характерний, горіховий, відчувається характерний олійний присмак. Насіння льону трохи жорсткувате під час розжовування.	Властивий хлібу, характерний, горіховий, відчувається характерний олійний присмак. Насіння льону легко розжовується.

Встановлено, що у разі застосування замочування насіння льону за обраних параметрів, питомий об'єм хліба підвищується на 36 %, покращується формостійкість виробів.

Внесення насіння льону у замоченому стані сприяє більшому розпушенню м'якушки та формуванню тонкостінної пористості. При цьому спостерігається більш рівномірний розподіл насіння в структурі м'якушки. Кожна насінинка наче огортається тонкою плівочкою денатурованої клейковини, що сприяє міцному її утриманні в структурі м'якушки дослідного зразка, на відміну від контрольного. М'якушка в дослідному зразку в порівнянні з контролем більш еластична та пружна. Крім цього було

відзначено, що м'якушка виробу з замоченим насінням мала більш світлий колір, ніж у контролі. Це, напевно, зумовлено тим, що під час перебігу процесів тістоприготування, полісахариди насіння льону взаємодіючи зі складовими борошна утворюють комплекси, вклинюються у структуру клейковинного каркасу і приймають участь у формуванні стінки пор під час випікання. При цьому під дією температури ці полісахариди зневоднюються і формують блискучу поверхню на стінках пор. Завдяки такій блискучій поверхні збільшується їх відбивальна здатність і візуально м'якушка стає світлішою.

Під час органолептичної оцінки було встановлено, що насіння льону в дослідному зразку легко розжовується завдяки його набухлості. Скоринка дослідного виробу набуває золотистого кольору, насіння льону рівномірно розподілялося на поверхні виробу, на відміну від контролю, в якому насіння було розташоване досить хаотично.

Для пояснення позитивного впливу операції замочування насіння льону на формування якості пшенично-лляного хліба було проведено дослідження мікроструктури модельних зразків тіста за допомогою скануючого мікроскопу JEOL JSMM-200.

Для дослідження готували модельні зразки тіста: з 15 % до маси борошна насіння льону у сухому (СНЛ) і замоченому стані (НЛЗ) та зразок тіста без додавання насіння льону, але з внесенням для замішування тіста замість води розчину слизів, екстрагованих з насіння льону. Останній зразок тіста готували для встановлення безпосереднього впливу слизів насіння льону на формування структури тіста.

Фотографії мікроструктури тіста у збільшенні 1000 наведено на рис. 1.

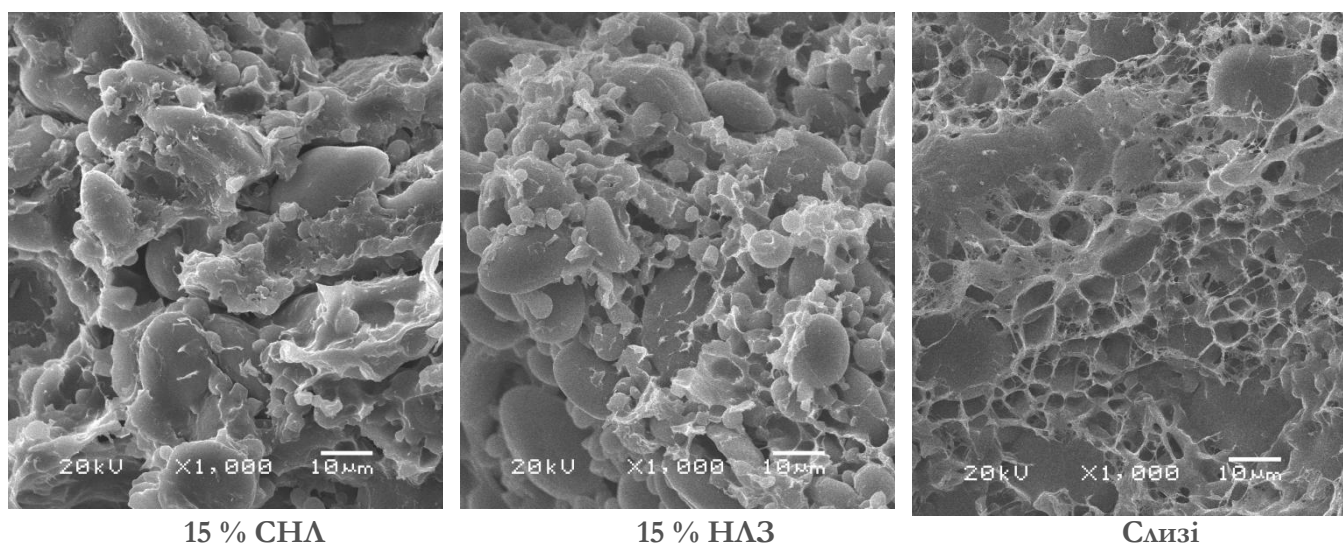


Рис. 1. Мікроструктура тіста

Аналіз мікроструктури показав, що внесення сухого та замоченого насіння льону здійснює відмінний вплив на складові борошна. У випадку з сухим насінням льону у структурі тіста спостерігаються згустки в'язких гелів, які не рівномірно розподілені по масі. Тобто у разі внесення цілого сухого насіння льону при його контакті з водою з поверхні насіння виділяються водорозчинні полісахариди, які у вигляді в'язкого геля знаходяться у структурі тіста і тим самим загущують тістову систему. Не рівномірність його розміщення зумовлена, ймовірно, тим, що в'язкий розчин виділяючись з поверхні насіння, розміщується у ділянках тіста, що навколо насіння.

Під час операції замочування насіння льону водорозчинні полісахариди екстрагуються, а при замішуванні тіста відразу приймають участь в утворенні тіста, внаслідок цього вони відразу взаємодіють з клейковинними білками, утворюючи білково-

полісахаридні комплекси. Це чітко можна спостерігати на фото, адже білкові речовини набули стану дрібних фракцій в тістовому просторі. Напевне, тут проявляються структуроутворювальні властивості розчинів, а не тільки здатність загущувати у вигляді в'язких гелів. Відомо, що під час збивання розчини полісахаридів насіння льону мають здатність набувати піноподібного стану [3, 21]. Напевне, ця властивість в певній мірі проявляється під час замішування тіста. Підтвердженням цього є мікроструктура тіста, замішаного на розчині слизів. Для цього зразка ми спостерігаємо відсутність чітко окреслених білкових речовин. В структурі тіста знаходиться розгалужена сітка, в якій утримуються зерна крохмалю. Ця сітка, напевне, є білково-полісахаридним комплексом, який проявив свої структуроутворювальні властивості у вигляді формування піноподібної розгалуженої системи.

Висновки

На підставі експериментальних досліджень та оптимізації технологічного процесу було встановлено, що у разі використання насіння льону у виробництві пшеничного хліба доцільно застосовувати операцію замочування насіння льону за таких параметрів: гідромодуль – 3, температура води для замочування – 60°C, тривалість замочування – 120 або 150 хв. Застосування обраних параметрів замочування насіння льону у виготовленні пшенично-ляного хліба сприяє збільшенню питомого об'єму

хліба на 36 %, порівняно зі зразком без замочування. Дослідженням мікроструктури тіста було встановлено, що покращення питомого об'єму та структури м'якушки хліба у разі застосування попереднього замочування насіння льону зумовлено ймовірним утворенням білково-полісахаридних комплексів та прояву ними структуроутворювальних властивостей, зокрема піноутворюючих властивостей полісахаридів, що розпушують структуру тіста.

References

1. Bassett, C. M., McCullough, R. S., Edel, A. L., Patenaude, A., LaVallee, R.K., & Pierce, G.N. (2011). The α -linolenic acid content of flaxseed can prevent the atherogenic effects of dietary trans fat. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 301(6), 2220-2226.
2. Berezovskyi, Yu.V. (2017). Tekhnichni rishennia protsesu pererobky llianoi syrovyny [Technical solutions for the processing of raw linen.]. *Nauka ta inovatsiia [Science and innovation]*. 13(3), 25-37.
Березовський Ю.В. Технічні рішення процесу переробки лляної сировини. *Наука та інновації*. 2017, 13(3). С. 25-37.
3. Bondarenko, Yu. V., Andronovych, H. M., Hryshchenko, A. M., & Anych, A. M. (2020). Zastosuvannia operatsii hidratatsii nasinnia lonu u vyrobnytstvi pshenichnoho khliba [Application of flax seed hydration operation in wheat bread production]. *Naukovi pratsi Natsionalnogo universytetu kharchovykh tekhnologii [Scientific papers of the National University of Food Technologies]*, 26 (2). 232-243.
Бондаренко Ю. В., Андронович Г. М., Грищенко А. М., Анич А. М. Застосування операції гідратації насіння льону у виробництві пшеничного хліба. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2020. 26 (2). С. 232-243.
4. Drobot, V. I., Arsenieva, L. Yu., Bilyk, O. A. et al. (2006). Laboratornyi praktykum z tekhnologii khlibopekarskoho ta makaronnoho vyrobnytstv [Laboratory workshop on the technology of baking and pasta production]. Kyiv, Ukraine: Tsentr navchalnoi literatury.
Дробот В. І., Арсенєва Л. Ю., Білик О. А. та ін. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва. Київ: Центр навч. літ., 2006. 341 с.
5. Drobot, V.I., Bondarenko, Yu.V., & Izhevskaya, O.P. (2016). Shrot nasinnia lonu v tekhnologii khlibobulochnykh vyrobiv [Flax seed meal in the technology of bakery products]. *Kharchova nauka i tekhnologii [Food science and technology]*, 10(3), 76-81.
Дробот В.І., Бондаренко Ю.В., Іжевська О.П. Шрот насіння льону в технології хлібобулочних виробів. *Харчова наука і технологія*. 2016, 10(3). С. 76-81.
6. Enzifst, L. E., & Vveo, M. E. (2014). Flaxseed (Linseed) fibre – nutritional and culinary uses – a review. *Food New Zealand*, April/May, 26–28.
7. Ganorkar, P. M., & Jain, R.K. (2013). Flaxseed – a nutritional punch. *International Food Research Journal*, 20(2), 519–525.
8. Gerstenmeyer, E., Reimer, S., Berghofer, E., Schwartz, H., & Sontag, G. (2013). Effect of thermal heating on some lignans in flax seeds, sesame seeds and rye. *Food Chemistry*, 138(2–3), 1847-1855.
9. Gutte, K. B., Sahoo, A. K., & Ranveer, R. C. (2015). Bioactive Components of Flaxseed and its Health Benefits. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 31(1), 42–51.

10. Iak kharchuvatysia zbalansovano. Sait Ministerstva okhorony zdorovia. [How to eat a balanced diet. Website of the Ministry of Health]. URL: <https://moz.gov.ua/article/health/jak-harchuvatisja-zbalansovano>
Як харчуватися збалансовано. Сайт Міністерства охорони здоров'я. URL: <https://moz.gov.ua/article/health/jak-harchuvatisja-zbalansovano>.
11. Koneva, S.Y. (2016). Osobennosti yspolzovanyia produktov pererabotky semian lna pry proyzvodstve khlebobulochnykh yzdelyi [Peculiarities of using flax seed processing products in the production of bakery products]. *Polzunovskiy vestnyk [Polzunovskiy Vestnik]*, 3, 35-38.
Конева С. И. Особенности использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебо-булочных изделий. *Ползуновский вестник*. 2016, № 3. С. 35-38.
12. Kuznetsova, E. A., & Mordvynkyn, S. A. (2019). Vozmozhnost yspolzovanyia yzmelchenykh semian lna pry proyzvodstve pshenychnoho khleba [The possibility of using crushed flax seeds in the production of wheat bread.]. *Nauchno-abronomycheskyi zhurnal [Scientific and agronomic journal]*, 2(105), 18-20.
Кузнецова Е. А., Мордвинкин С. А. Возможность использования измельченных семян льна при производстве пшеничного хлеба. *Научно-агронамический журнал*. 2019. 2(105). С. 18-20.
13. Leon, H., Shibata, M., Sivakumaran, S., Dorgan, M., Chatterley, T., & Tsuyuki, R. (2008). Effect of fish oil on arrhythmias and mortality: systematic review. *BMJ*, 337(2931). URL: http://www.bmj.com/content/337/dec23_2/a2931
14. Malakhova, L.V. (2013). Shliakhy podolannia «prykhovanoho» holodu yak skladovoi hlobalnoi prodovolchoi problem [Ways to overcome «hidden» hunger as a component of the global food problem]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnogo universytetu imeni V. N. Karazina [Bulletin of Kharkiv National University named after V. N. Karazin]*, 1086(2), 86-89.
Малахова Л.В. Шляхи подолання «прихованого» голоду як складової глобальної продовольчої проблеми. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. 2013. № 1086(2). С. 86-89.
15. Makhonina, M., Rashevskaya, T., & Vasheka, O. (2009). Perspektivy vykorystannia nasinnia lonu yak bahatokomponentnoi systemy dlia kharchuvannia i ozdorovlennia [Prospects for the use of flax seeds as a multicomponent system for nutrition and health]. *Molokopererobka [Milk processing]*, 3(42), 24-27.
Махоніна М., Рашевська Т., Вашека О. Перспективи використання насіння льону як багатокomпонентної системи для харчування і оздоровлення. *Молокопереробка*. 2009. №3(42). С. 24-27.
16. Paranchuk, Ya. S., & Moroz, V. I. (2012). Alhorytmizatsiia ta prohramuvannia. MathCAD [Algorithmization and programming. MathCAD]: navch. posib. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki.
Паранчук Я.С., Мороз В.І. Алгоритмізація та програмування. MathCAD: навч. посіб. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 312 с.
17. Prasad, K., & Jadhav, A. (2016). Prevention and treatment of atherosclerosis with flaxseed-derived compound secoisolariciresinol diglucoside. *Current pharmaceutical design*, 22(2), 214–220.
18. Pourabedin, M., Aarabi, A., & Rahbaran, S. (2017). Effect of flaxseed flour on rheological properties, staling and total phenol of Iranian toast. *Journal of Cereal Science*, 76, 173-178.
19. Rubilar, M., Gutierrez, C., Verdugo, M., & Shene, C. (2010). Flaxseed as a source of functional ingredients. *Journal of soil science and plant nutrition*, 3, 373-377.
20. Touré, A., & Xueming, X. (2010). Flaxseed lignans: source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bio-active components, and health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Sciences and Food Safety. Institute of Food Technologists*, 9(3), 261–269.
21. Tysyna, N. N., & Selezneva, H. K. (2010). Yspolzovanye lnianoi muky v proyzvodstve khlebobulochnykh y muchnykh kondyterskykh yzdelyi [The use of linseed flour in the production of bakery and flour confectionery products]. *Vestnyk Kras HAU [Herald of Kras GAU]*, 4, 178-181.
Типсіна Н. Н., Селезнева Г. К. Использование льняной муки в производстве хлебобулочных и мучных кондитерських изделий. *Вестник Крас ГАУ*. 2010. № 4. С. 178-181.

Cite this article in APA Style as:

Бондаренко, Ю., Андронович, Г., Білик, О., Кочубей-Литвиненко, О. (2022). Оптимізація параметрів замочування насіння льону для виробництва пшеничного хліба [Optimizing the parameters of soaking flax seeds for the production of wheat bread]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 3, 100–109. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Bondarenko Yu. [*in Ukrainian: Бондаренко Ю.*] ¹, PhD in Tech. Sc., Associate Professor, e-mail: bjuly@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3781-5604

Department of Technology of bakery and confectionery products, National University of food technologies
68 Volodymyrska str., Kyiv, 0160, Ukraine

Andronovich G. [*in Ukrainian: Андронович Г.*] ², PhD in Tech. Sc., Associate Professor, e-mail: 1gryb1@ukr.net
ORCID: 0000-0002-9522-4925

Department of food technologies, Cherkasy State Technological University
460 Shevchenko blvd., Cherkasy, 18000, Ukraine

Bilyk O. [*in Ukrainian: Білик О.*] ³, PhD in Tech. Sc., Associate Professor, e-mail: bilyklena@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3606-1254

Department of Technology of bakery and confectionery products, National University of food technologies
68 Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine

Kochubei-Lytvynenko O. [*in Ukrainian: Кочубей-Литвиненко О.*] ⁴, Dr. of Tech. Sc., Professor, e-mail: okolit@email.ua
ORCID: 0000-0003-0712-448X

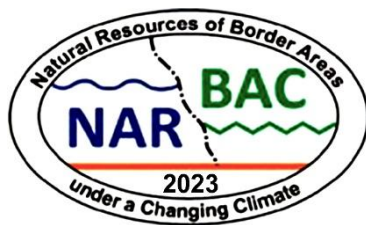
Department of Milk and Dairy Technology, National University of food technologies
68 Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine

¹ Study design, manuscript preparation.

² Data collection.

³ Manuscript preparation.

⁴ Statistical analysis.



**T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
Pomeranian University in Słupsk
Mezyn National Nature Park
Chernihiv Regional Organization of the All-Ukrainian Ecological League**

Dear colleagues!

We invite you to take part in the VII International Scientific Conference “**Natural resources of border areas under a changing climate**”, which will be held on **September 27-29, 2023**.

Focus of the conference:

- Biological resources;
- Water resources;
- Land resources;
- Mineral resources;
- Protected areas;
- Recreational resources, tourism and human health;
- Military action and natural resources

Conference languages:

Ukrainian, Polish, English.

Conference Calendar

Submitting applications and abstracts: **March 31, 2023 – August 31, 2023**

Mailing the second newsletter out – **September 10, 2023**

Publications

- **The abstracts** will be published before the conference. **The payment of publication of abstracts - free.**
- **The articles** based on the reports presented at the conference can be published in the International scientific journal “**Biota. Human. Technology**”.

Requirements for the abstracts

The abstracts are given in one of the conference languages (Ukrainian, Polish, English) in the **Microsoft Word** text editor. The volume – **1 full page A4, without listing sources of information**. Font – **Times New Roman, 14 pt**, spacing – indent **1 cm**, fields (all) – **2 cm**. Tables and drawings (black and white only) are given in the text. The name of the file is the name of the first (sole) author in the language of the abstract, for example: Klui_abstract.

The abstracts structure:

The title (in the middle, without indentation, bold type)

The name and surname of the author(-s) (in the middle, without indentation, bold type, italics)

The institution, town, country, e-mail (in the middle, without indentation, italics).

The abstract text of the report (paragraph indent – 1 cm); the references are given in brackets, for example: (Dalowski, Geter, Turwin, 2019) or (<http://mezinpark.com.ua/rekrtsiya/vyznni-pamtky/402-2>).

E-mailing by: conf_narbac_2019@ukr.net

**Application* for participation in the conference
“Natural resources of border areas under a changing climate”
(NARBAC 2023), September, 27–29, 2023**

.....
Full name
.....
Degree and academic rank
.....
Institution, position
.....
Address
Telephone:,
official private
e-mail:

I declare participating in the conference

1. with the report 2. with the poster (poster report) 3. in absentia (publication of abstracts)

Subject of the report.....

*The application form in the Microsoft Word text editor is attached as a separate file

**The application for participation in the conference and abstracts should be sent to the organizing committee’s
e-mail: conf_narbac_2019@ukr.net**

SCIENTIFIC EDITION

BHT 

Biota. Human. Technology

International Scientific Journal

BHT : Biota. Human. Technology / Національний університет
«Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка; гол. ред.
О.В. Лукаш. 2022. №3. 111 с.

Designer – N. Tkachuk

Editing – O. Lukash, I. Kurmakova, O. Syza, N. Tkachuk, O. Klimova

Administrator of site – N. Tkachuk

Designers cover – N. Tkachuk

Passed for printing

22.02.2023 Format A4

Editorial and Publishing Department of T.H. Shevchenko National University
“Chernihiv Colehium”, 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013,
Ukraine

Phone: +38(046)265-1799

nuchk.tipograf@gmail.com