

ISSN 2786-6955

UDC 57:54:664

BHT ¹ 2024

BIOTA. HUMAN. TECHNOLOGY

International Scientific Journal

Electronic edition





BTH

2024 | 1

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.

The journal Biota. Human. Technology is included in the List of specialized scientific publications of Ukraine (category "B") in biological and technical sciences, in specialties 091 (Biology and biochemistry), 101 (Ecology) and 161 (Chemical technologies and engineering) (the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 220 of February 21, 2024).

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.

The journal is governed by the provisions of an open permissive license [Creative Commons Attribution 4.0 \(CC BY\)](#)

Journal is reflected in the following databases:

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

Languages: English, Polish, Ukrainian

Frequency: 3 numbers a 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

Olga I. SYZA

(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

Vasyl 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
Pomeranian University in Slupsk, 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

Halina M. TKACZENKO

(Deputy Editor-in-Chief)

Doctor of Biological Sciences, Professor
Pomeranian University in Slupsk, Poland

Nataliia V. TKACHUK

(Deputy Editor-in-Chief, Managing Editor)

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
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

Tetiana V. MOROZOVA

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor
National Transport University,
Kyiv, 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

Stepan N. VADZYUK

Doctor of Medical Sciences, Professor
I. Horbachevsky Ternopil National Medical
University, Ukraine

Viktoria I. VOROBYOVA

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

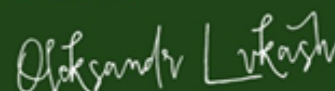
In the 21st century, the search for scientists in quite diverse – from inventory species diversity of ecosystems to the study of adaptation mechanisms of organisms and biota metagenomic studies.

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

Oleksandr Lukash, Yuliia Stupak, Vitalii Morskyi, Maksym Aravin

ADVENTIVE TREE AND SHRUB PLANT SPECIES WITH MEDICINAL PROPERTIES IN THE CHERNIHIV CITY'S GREEN INFRASTRUCTURE

Олександр Лукаш, Юлія Ступак, Віталій Морський, Максим Аравін

АДВЕНТИВНІ ДЕРЕВНІ ТА ЧАГАРНИКОВІ ВИДИ РОСЛИН З ЛІКАРСЬКИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ У ЗЕЛЕНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ МІСТА ЧЕРНІГОВА

[in English]

- 9 -

*Віталій Коломійчук, Олександр Шиндер,
Олександр Баранський, Мирослав Шевера*

КОНСПЕКТ ФЛОРИ СУДИННИХ РОСЛИН НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ЗАЛІССЯ»

*Vitaliy Kolomiichuk, Oleksandr Shynder,
Oleksandr Baranskyi, Myroslav Shevera*

CHECKLIST OF VASCULAR PLANTS FLORA OF THE «ZALISSIA» NATIONAL NATURE PARK

[in Ukrainian]

- 19 -

Erzsébet Kohut, Anita Szikura, Zoltán Kopor, István Kolozsvári

JÓZSEF SZIKURA BOTANICAL GARDEN

Ержибет Когут, Аніта Сікура, Злтан Копор, Іштван Коложварі

БОТАНІЧНИЙ САД ІМЕНІ ЙОСИПА СІКУРИ

[in English]

- 35 -

Yurii Karpenko, Olha Mekhed, Svitlana Kyriienko

**COSMARIUM RETUSIFORME VAR. INCRASSATUM GUTWIŃSKI 1890
(ZYGNEMATOPHYCEAE, STREPTOPHYTA) – NEW RECORD
OF RARE DESMID IN UKRAINE**

Юрій Карпенко, Ольга Мехед, Світлана Кирієнко

**COSMARIUM RETUSIFORME VAR. INCRASSATUM GUTWIŃSKI 1890
(ZYGNEMATOPHYCEAE, STREPTOPHYTA) – НОВА ЗНАХІДКА
РІДКІСНИХ ДЕСМІДІЄВИХ В УКРАЇНІ**

[in English]

- 47 -

Тетяна Морозова

**ФЛОРИСТИЧНІ, ТАКСОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГО-ІНДИКАТОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
УРОЧИЩ ВИЖНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ**

Tetiana Morozova

**FLORISTIC, TAXONOMIC AND ECOLOGICAL-INDICATOR CHARACTERISTICS
OF THE TRACTS OF VYZHNYTSIA NATIONAL NATURE PARK**

[in Ukrainian]

- 53 -

Володимир Свердлов, Юрій Карпенко

**ФЛОРИСТИЧНІ ТА ЦЕНОТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕГІОНАЛЬНИХ
ЛАНДШАФТНИХ ПАРКІВ ПОЛІСЬКОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНИ**

Volodymyr Sverdlov, Yuriy Karpenko

**FLORISTIC AND COENOTIC FEATURES OF REGIONAL LANDSCAPE PARKS
OF THE POLESIE OF UKRAINE**

[in Ukrainian]

- 64 -

Ігор Світилко, Ніна Смілянecь

**ІСТОРИЧНИЙ АСПЕКТ ДОСЛІДЖЕННЯ *LIQUIDAMBAR L.*:
ПЕРІОДИЗАЦІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

Igor Svitylko, Nina Smilyanets

**HISTORICAL ASPECT OF *LIQUIDAMBAR L.* RESEARCH:
PERIODIZATION AND PERSPECTIVES**

[in Ukrainian]

- 73 -

**Валерія Павленко-Баришева,
Оксана Футорна, Владислава Баданіна**

**УЛЬТРАСТРУКТУРА ПОВЕРХНІ ЛИСТКІВ ВИДІВ
РОДУ *VIBURNUM* L. ФЛОРИ УКРАЇНИ**

Valeria Pavlenko-Barysheva, Oksana Futorna, Vladyslava Badanina

**SURFACE ULTRASTRUCTURE OF LEAVES OF THE SPECIES
VIBURNUM L. OF THE FLORA OF UKRAINE**

[in Ukrainian]

- 81 -

**ENVIRONMENTAL POLLUTION
STRESSES AND ORGANISMS' RESPONSE**

**СТРЕСИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ
ТА РЕАКЦІЯ ОРГАНІЗМІВ**

Nataliia Tkachuk, Liubov Zelena, Oleksandra Legun, Oleh Tkachuk

**STUDY OF PHYTOTOXICITY OF BLACK TEA WITH HERBAL AND FRUIT
SUPPLEMENTS BY GROWTH TEST WITH *LEPIDIDIUM SATIVUM* L.**

Наталія Ткачук, Любов Зелена, Олександра Легун, Олег Ткачук

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ЧОРНОГО ЧАЮ З ТРАВ'ЯНИМИ ТА
ФРУКТОВИМИ ДОБАВКАМИ ЗА РОСТОВИМ ТЕСТОМ З *LEPIDIDIUM SATIVUM* L.**

[in English]

- 94 -

**MAN AND HIS HEALTH
ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я**

Halina Tkaczenko, Urszula Osmólska, Natalia Kurhaluk

**MARKERS OF LIPID AND PROTEIN OXIDATION
IN THE BLOOD OF WOMEN AND MEN
WITH AUTOIMMUNE HASHIMOTO'S THYROIDITIS**

Галина Ткаченко, Уршуля Осмульська, Наталія Кургалюк

**МАРКЕРИ ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ І БІЛКІВ У КРОВІ ЖІНОК І ЧОЛОВІКІВ
З АУТОІМУННИМ ТИРЕОЇДИТОМ ХАШИМОТО**

[in English]

- 103 -

Natalia Kurhaluk, Małgorzata Dubik-Tota, Krzysztof Tota, Halina Tkaczenko

**WPŁYW WIEKU, AKTYWNOŚCI FIZYCZNEJ,
PALENIA ORAZ OBECNOŚCI ZAWAŁU SERCA I CHORÓB TARCZYCY W RODZINIE
NA POZIOM ALDEHYDOWYCH I KETONOWYCH POCHODNYCH OKSYDACYJNEJ
MODYFIKACJI BIAŁEK WE KRWI KOBIET I MĘŻCZYŹN
Z ZAWAŁAMI SERCA I NIEDOCZYNNOSCIĄ TARCZYCY**

Natalia Kurhaluk, Małgorzata Dubik-Tota, Krzysztof Tota, Halina Tkaczenko

**IMPACT OF AGE, PHYSICAL ACTIVITY, SMOKING AND THE PRESENCE
OF MYOCARDIAL INFARCTION AND THYROID DISEASES IN THE FAMILY
ON THE LEVELS OF ALDEHYDIC AND KETONIC DERIVATIVES
OF OXIDATIVE MODIFICATION OF PROTEINS IN THE BLOOD OF WOMEN AND MEN
WITH MYOCARDIAL INFARCTS AND HYPOTHYROIDISM**

[in Polish]

- 117 -

Natalia Jażdżewska, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk

ANALIZA OPINII KOBIET I MĘŻCZYŹN W RÓŻNYM WIEKU NA TEMAT ŁUSZCZYCY

Natalia Jażdżewska, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk

**ANALYSIS OF THE OPINIONS OF WOMEN AND MEN
OF DIFFERENT AGES ABOUT PSORIASIS**

[in Polish]

- 143 -

Kateryna Topchylo, Halina Tkaczenko

**EFFECTS OF RIBOSE-INDUCED GLYCATION ON THE ELASTIC MODULUS
OF COLLAGEN FIBRILS OBSERVED BY ATOMIC FORCE MICROSCOPY**

Катерина Топчило, Галина Ткаченко

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ІНДУКОВАНОЇ РИБОЗОЮ ГЛІКАЦІЇ НА МОДУЛЬ
ПРУЖНОСТІ КОЛАГЕНОВИХ ФІБРИЛ З ВИКОРИСТАННЯМ
МЕТОДУ АТОМНО-СИЛОВОЇ МІКРОСКОПІЇ**

[in English]

- 176 -



INSTRUCTIONS FOR AUTHORS



КЕРІВНИЦТВО ДЛЯ АВТОРІВ

- 201 -



ΡΗΥΤΟΒΙΟΤΑ

ΦΙΤΟΒΙΟΤΑ



UDC 581.522.6:633.88(477.51)

Oleksandr Lukash, Yuliia Stupak, Vitalii Morskyi, Maksym Aravin

**ADVENTIVE TREE AND SHRUB PLANT SPECIES WITH MEDICINAL PROPERTIES
IN THE CHERNIHIV CITY'S GREEN INFRASTRUCTURE**



Олександр Лукаш, Юлія Ступак, Віталій Морський, Максим Аравін

**АДВЕНТИВНІ ДЕРЕВНІ ТА ЧАГАРНИКОВІ ВИДИ РОСЛИН
З ЛІКАРСЬКИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ У ЗЕЛЕНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ
МІСТА ЧЕРНІГОВА**

DOI: 10.58407/bht.1.24.1

ABSTRACT

Purpose of the work was to identify introduced species of woody and shrubby plants with medicinal properties in the Chernihiv city's green infrastructure and to characterize the medicinal properties of these plants, as well as to determine their role in providing ecosystem services and to assess the potential possibilities of harvesting them as medicinal raw materials.

Methodology. The materials were collected during research of green infrastructure facilities of the Chernihiv city in 2022–2023 using geobotanical methods (Yakubenko et al., 2018). During field research, the degree of invasive activity of introduced trees and shrubs species was recorded. Degrees of invasiveness were measured according to Wagh and Jain (2018) with authors modification and categorised into 4 different categories namely, recently introduced, possibly invasive, moderately invasive and highly invasive on the basis of their availability. Each category has been given a number (1 to 4) on the basis of the impact of the species in the study area, the higher the number the higher the invasive impact: recently introduced (1), possible invasive (2), moderately invasive (3) and highly invasive (4). In order to characterize the medicinal properties of plants, information sources of the last 20 years were analyzed.

Scientific novelty. The composition of introduced medicinal trees and shrubs of the green infrastructure of the Chernihiv city was determined. Their role in the optimization of the network of natural, semi-natural and man-made areas of the green infrastructure of Chernihiv has been established. Medicinal plants are recommended for harvesting and use.

Conclusions. One of the most compelling motivations to integrate adventive trees and shrubs with medicinal properties into the landscape the green infrastructure of the Chernihiv city is the ecosystem services they provide.

Another advantage of using introduced trees and shrubs in the Chernihiv city's green infrastructure landscapes of is economic. It is that most introduced trees and shrubs are resistant to pests and drought, so less water and fertilizers are needed to grow them.

Adventive tree and shrub medicinal plants play a primary role in the restoration of man-made and semi-natural damaged areas, which are necessary to create a complete network of the urban green infrastructure.

The spectrum of pharmacological properties of adventive trees and shrubs that grow in the Chernihiv city's green infrastructure is quite diverse: from medicinal and cosmetological to antidiabetic and anticancer effects. However, the harvesting of a number of plants is limited by resources and the ecologically unfavorable environment of their habitats. Moderately invasive and highly invasive plants have significant resources and grow in an ecologically safe environment. The procurement of medicinal raw materials from these plants is to regulate their distribution in the natural objects of the Chernihiv city's green infrastructure.

Key words: green infrastructure, ecosystem services, invasive plants, medicinal plants, city

АНОТАЦІЯ

Метою роботи було виявити в зеленій інфраструктурі міста Чернігова інтродуковані види деревних та кущових рослин з лікувальними властивостями та охарактеризувати лікувальні властивості цих рослин, а також визначити їх роль у наданні екосистемних послуг та оцінити потенційні можливості збору їх як лікарської сировини.

Методологія. Матеріали зібрано під час дослідження об'єктів зеленої інфраструктури міста Чернігова у 2022–2023 роках геоботанічними методами (Якубенко та ін., 2018). Під час польових досліджень було зареєстровано ступінь інвазійної активності інтродукованих видів дерев і кущів. Ступінь інвазивності вимірювали відповідно до Wagh and Jain (2018) з модифікацією авторів і класифікували на 4 різні категорії, а саме: нещодавно інтродуковані, можливо інвазійні, помірно інвазійні та високоінвазійні на основі їх доступності. Кожній категорії було присвоєно номер (від 1 до 4) на основі впливу виду на досліджувану територію, чим вищий номер, тим вища інвазійна активність виду, тобто. нещодавно введений (1), можливий інвазійний (2), помірно інвазійний (3) і високоінвазійний (4). Для характеристики лікувальних властивостей рослин проаналізовано джерела інформації за останні 20 років.

Наукова новизна. Визначено склад лікарських інтродукованих дерев та чагарників зеленої інфраструктури м. Чернігова. Встановлено їх роль у оптимізації мережі природних, напівприродних та техногенних ділянок зеленої інфраструктури м. Чернігова. Рекомендовано лікарські рослини для заготівлі та використання.

Висновки. Однією з найбільш переконливих мотивацій для інтеграції адвентивних дерев і кущів з лікувальними властивостями в ландшафт зеленої інфраструктури Чернігова є екосистемні послуги, які вони надають.

Ще одна перевага використання інтродуцентних дерев та чагарників у ландшафтах зеленої інфраструктури м. Чернігова – економічна. Вона полягає у тому що більшість інтродукованих дерев та чагарників стійкі до шкідників та посухи, тому для їх вирощування потрібно менше води та добрив.

Адвентивні деревно-чагарникові лікарські рослини відіграють основну роль у відновленні техногенних і напівприродних пошкоджених територій, необхідних для створення цілісної мережі міської зеленої інфраструктури.

Спектр фармакологічних властивостей адвентивних дерев та чагарників, які зростають у зеленій інфраструктурі міста Чернігова досить різноманітний: від лікувально-косметологічних ефектів до проти-діабетичної та протипухлинної дії. Проте заготівля низки рослин обмежена ресурсами та екологічно несприятливим середовищем їх середовищ існування. Помірно та високоінвазійні рослини мають значні ресурси і зростають у екологічно безпечному середовищі. Заготівля лікарської сировини з цих рослин є регулювати їх поширення у природні об'єкти зеленої інфраструктури м. Чернігова.

Ключові слова: зелена інфраструктура, екосистемні послуги, інвазивні рослини, лікарські рослини, місто

Introduction

Human society depends on the benefits provided by nature such as food, materials, clean water, clean air, climate regulation, flood prevention, pollination and recreation (European Union, 2012). However, many of these benefits, frequently referred to as ecosystem services, are used as if their supply is almost unlimited and treated as free commodities whose true value is not fully appreciated. This can result in public authorities turning to built infrastructure – grey infrastructure – as a substitute for natural solutions to problems such as flood prevention. In Europe we consequently continue to degrade our natural capital, jeopardising our long-term sustainability and undermining our resilience to environmental shocks. Green infrastructure spaces improves the quality of the environment, the condition and connectivity of natural areas, as well as improving citizens' health and quality of life (European Union, n. d.). This green infrastructure function is primarily provided by plants that contain phytoncides and essential oils. In addition to their use for medical

purposes, by using medical and aromatic plants in recreation areas, natural views can be provided, which is a difficult design process (Demirkan, 2018).

Landscaping is an essential aspect of any property, be it residential, commercial, or industrial. It involves the art and science of modifying and designing the land to enhance its aesthetic appeal and functionality. Sustainable landscaping is a type of landscaping that aims to maximize the benefits of the land while minimizing its negative impact on the environment. One way to achieve sustainable landscaping is by incorporating medicinal plants into the design. Medicinal plants are plants that are used for their therapeutic properties. They have been used by various cultures for thousands of years for the treatment of various ailments. Medicinal plants offer a unique texture and aesthetic appeal to the landscape (Borealis, 2023).

In this regard not only natural species of plants, but also introducers are used to optimize green plantings of green infrastructure.

The purpose of our study was to identify introduced species of woody and shrubby

plants with medicinal properties in the Chernihiv city's green infrastructure and to characterize the medicinal properties of these plants, as well as to determine their role in providing ecosystem services and to assess the potential possibilities of harvesting them as medicinal raw materials.

Materials and methods

The materials were collected during research of green infrastructure facilities of the Chernihiv city in 2022–2023 using geobotanical methods (Yakubenko et al., 2018). During field research, the degree of invasive activity of introduced trees and shrubs species was recorded.

Degrees of invasiveness were measured according to Wagh and Jain (2018) with authors modification and categorised into 4 different categories namely, recently introduced, possibly invasive, moderately invasive and highly invasive on the basis of their availability. Each category has been given a number (1 to 4) on the basis of the impact of the species in the study area, the higher the number the higher the invasive impact: recently introduced (1), possible invasive (2), moderately invasive (3) and highly invasive (4).

The names of the taxa are given according to the data of the encyclopedic Internet project World Flora Online (WFO, 2023).

In order to characterize the medicinal properties of plants, information sources of the last 20 years were analyzed.

Results and Discussion

We study the degree of invasiveness of the adventive trees and shrubs plant species in the green infrastructure of the Chernihiv city. Out of the total of 18 species with medicinal properties, 5 species were under the «recently introduced» category. by 6 species possibly invasive, 5 species moderately invasive and 2 species highly invasive.

The group of recently introduced species includes *Ptelea trifoliata* L., *Cotinus coggygria* Scop., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Rhus typhina* L., *Robinia viscosa* Michx. ex Vent. We did not detect invasive activity of these species: they are localized in places of planting in semi-natural areas of green infrastructure. The volume of resources of these plants does not allow to collect them for obtaining medicinal raw materials. However, it is worth examining their medicinal properties.

Ptelea trifoliata and *Cotinus coggygria* occur on slopes and play an anti-erosion role.

Root periderm and inner stem periderm *Ptelea trifoliata* have been used as part of Spring tonics, as a tonic for malaria, and medicinally to aid in digestion and relief of asthma (Coder, 2016).

Cotinus coggygria Scop. is an important source of essential oils and extract with a wide range of biological activities such as antibacterial, antifungal, antiviral, anticancer, antigenotoxic, hepatoprotective and anti-inflammatory. In traditional and folklore medicine, it has been used for its many pharmacological and biological activities, which make it an effective remedy for various kinds of illnesses. Total phenols, flavonoids and tannins are the main group of biologically active constituents in ethyl-acetate and methanol extracts of various parts of *C. coggygria*. According to HPLC profiles, gallic acid and its derivatives were the dominant in flowers and leaves of the *C. coggygria* extracts. The major components, i.e. limonene (47.0 % and 39.2 %), (Z)- β -ocimene (16.4 % and 26.3 %), α -pinene (8.2 % and 8.4 %), (E)- β -ocimene (4.6 % and 9.0 %) and terpinolene (6.8 % and 5.3 %) were the same in both oils (Matić et al., 2016).

Physocarpus opulifolius is located on the edges of forests. Americans used a decoction with *P. opulifolius* (extract resulting from boiling tissues down to concentrate desired compounds) made from the inner bark as pain relievers, analgesics, emetics, laxatives, and cathartics. However, excessive doses of the bark decoctions can be toxic (White & Scaroni, 2016).

Rhus typhina L. and *Robinia viscosa* were planted in forest parks of urban green infrastructure as solitary or group plants.

Rhus typhina L. stem contains a considerable amount of phenolic compounds with significant antioxidant activity (Liu et al., 2019). *R. typhina* is used to make a beverage termed «sumac-ade» or «rhus juice» prepared from its fruits and serves also as a traditional medicine having pharmacological functions such as antihemorrhoidal, antiseptic, diuretic, stomachic and tonic (Kossah et al., 2011).

Robinia viscosa used as an antispasmodic, febrifuge, antioxidant, diuretic, emollient, laxative, antitumor, and antimicrobial. Dried leaves are helpful in treatment of wounds caused by wounds. It acts as pain reliever. Used internally, it calms stomach burns, and is usually recommended to individuals who suffer from hyperacid gastritis and distensions. It is helpful in easing digestion. It has a sedating and calming effect and could be very useful in cases of headaches and stress. Infusion added to baths can

help young children who suffer from insomnia. Flower powder is used in cases of gastritis, duodenal and gastric ulcer (Kaloo et al., 2018).

Given the insignificant distribution of *Ptelea trifoliata*, *Cotinus coggygria*, *Physocarpus opulifolius*, *Rhus typhina* and *Robinia viscosa*, the use of these plants as medicinal raw materials is impossible. They withstand moisture deficit well. However, their primary importance in the green infrastructure of Chernihiv is determined by ecosystem services (consolidation of erosive areas), as well as the creation of a healthy environment.

Acer saccharinum L., *Caragana arborescens* Lam., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall., *Gleditsia triacanthos* L., *Juglans mandshurica* Maxim. and *Spiraea sorbifolia* L. belong to the second category – possible invasive. They show little invasive activity, spreading by seeds or root shoots to small areas near their location. They occur in urban forest parks and do not displace natural shrub and tree natural species.

Acer L. species can be used to treat rheumatism, hepatic disorders, eye disease, pain, etc. effectively. Some indications from ethnomedicine have been validated by pharmacological activities, such as the anti-inflammatory and hepatoprotective activities of the species. The available literature showed that most of the activities of these species can be attributed to flavonoids and tannins (Bi et al., 2016). *Acer saccharinum* phytoncides are the part of its natural defense system. *A. saccharinum* used as a bark infusion as a pain relief for cramps, for the treatment of diarrhea due to dysentery, and for treating menstruation-related issues, for treating intestinal ailments but also as a diuretic, to clean sores (Van Wyk & Wink, 2004).

Caragana arborescens as being used medicinally for breast and uterine cancer and other female anatomy problems has describes the USDA. *C. arborescens* also been used to treat menoxia, fatigue, rheumatoid arthritis, asthenia and uterine, cervical and breast cancer. The two main chemical classes thought to contribute to the medicinal properties of *C. arborescens* are flavonoids and lectins (Shortt & Vamosi, 2012).

Fraxinus pennsylvanica to other *Fraxinus* species, coumarins, flavonoids, phenolic acids, secoiridoids are generally found in *F. pennsylvanica*. Esculin, esculetin and fraxin are mainly present in bark. Antimicrobial activity of *F. pennsylvanica* leaf extracts and bark extracts has been reported so far (Tahirović et al., 2017).

In recent decades, phytochemical studies were carried out on *Gleditsia triacanthos*, and

that found the existence of triterpenes, sterols, flavonoids, alkaloid, phenolics and their derivatives. Pharmacological studies revealed that the crude extracts and purified molecules possess a wide spectrum of biological activities, involving in anti-tumor, anti-inflammatory, anti-allergic, anti-hyperlipidemic, analgesic, antimutagenic, anti-HIV, antioxidant, antibacterial and antifungal activities, confirmed by various in vivo animal, and in vitro studies (Zhang et al., 2016).

Juglans mandshurica has been traditionally used to treat cancer, gastric ulcers, diarrhea, dysentery, dermatosis, uterine prolapse, and leukopenia. To date, more than 400 constituents including quinones (e.g. naphthoquinones, anthraquinones, naphthalenones, tetralones), phenolics, flavonoids, triterpenoids, coumarins, lignans, phenylpropanoids, diarylheptanoids, and steroids, were isolated and structurally identified from different plant parts of *J. mandshurica*. Among them, quinones, phenolics, triterpenoids, and diarylheptanoids, as the major bioactive substances, have been extensively studied and displayed significant bioactivity (Luan et al., 2021).

In traditional Chinese medicine, *Spiraea sorbifolia* has been used for the treatment of bone fracture, bruise, and rheumatic arthritis based on its functions of invigorating blood circulation and eliminating stasis, decreasing swelling, and alleviating pain. *S. sorbifolia*, a series of cyanoglucosides, flavonoids, and two cucurbitacin-type triperpenoids were isolated, including six new leucine-derived cyanoglucosides with moderate anti-inflammatory activity (Wu et al., 2019).

Most representatives of medicinal plants of the second category, in particular *Acer saccharinum*, *Caragana arborescens*, *Juglans mandshurica* and *Spiraea sorbifolia*, have moderate reserves and grow in ecologically safe conditions. Their medicinal parts can be harvested in regulated volumes.

Representatives of group 3 show moderate invasive activity. They spread beyond the boundaries of cultivation in semi-natural (disturbed) urban forests and forest parks (*Quercus rubra* L., *Prunus serotina* Ehrh., *Prunus virginiana* Du Roi.), along railway tracks (*Ulmus pumila* L.), as well as on the Liskovitsa sandy alluvium in the floodplain of the Desna River (*Hippophae rhamnoides* L.). The volumes of their resources are significant. But medicinal raw materials can be harvested in ecologically safe, local growth.

Seeds of *Quercus rubra* species are characterized by the high content of natural antioxidants such as phenolic compounds and tocopherols (Oracz et al., 2023). *Q. rubra* is a promising medicinal plant material, which is used in traditional medicine for colds and viral diseases to increase immunity and as an astringent (Konovalova et al., 2023).

Prunus serotina fruit has a good antioxidant capacity, which could be accounted for its polyphenol content. Additionally, this fruit contains compounds such as hyperoside and chlorogenic acid that elicit antioxidant, vasodilator and antihypertensive effects. Equally important are the results from proximate and mineral analyses, which showed that *P. serotina* fruit has high protein and mineral contents. For these reasons, *P. serotina* fruit may be used as a functional food, which could be potentially useful in the prevention and treatment of hypertension (Luna-Vázquez et al., 2013). Also, twelve phenolic compounds were found in the fruit peel of *P. serotina* which contribute to their strong antioxidant properties. The HPLC-MS analysis showed that cyanidin-3-O-rutinoside, chlorogenic acid, hyperoside and quercetin pentoside are present in the greatest amount in the *P. serotina* peel. However, the main phenolic compounds in the fruit flesh are cyanidin-3-O-rutinoside, chlorogenic acid, procyanidin B, hyperoside and quercetin malonilglucoside. Other studies demonstrate that water and dichloromethane

extracts from the fruit of *P. serotina* contain polar and non-polar vasodilating metabolites. It was also noted that *P. serotina* fruits have a high content of phenolic compounds such as chlorogenic acid, gallic acid, coffee acid, catechin, epicatechin and quercetin and kaempferol glycosides, which are directly related to the high antioxidant activity and the resulting vasodilating effect (Telichowska et al., 2020).

Prunus virginiana in medicine it is used with anorexia, biliousness, bleeding, burn, cholera, cough, conjunctivitis, cramp, diarrhea, dysentery, dyspepsia, enterosis, fever, flu, gallstone, gastrosis, hemoptysis, hoarseness, insomnia, jaundice, measles, ophthalmia, pain, pulmonosis, scrofula, sore, sore throat, stomachache, tuberculosis, ulcer (Duke, 2002).

Owing to its antibacterial and anti-inflammatory reaction, *Ulmus pumila* has been traditionally used for abscess, infection, edema, rhinitis, empyema, and otitis media. It has also been used for gastric and duodenal ulcers as well as gastric cancer (You et al., 2013). *U. pumila* extract possessed remarkably high amounts of phenols (175.9 ± 5.2 mg) gallic acid equivalent/gram extract and total flavonoid content of 68.7 ± 1.2 mg rutin equivalent/g extract (Hussein et al., 2020).

On the Liskovitsa sandy alluvium (southeastern outskirts of the Chernihiv city) *Hippophae rhamnoides* has become naturalized and actively spreads and bears fruit abundantly (Fig. 1).



Fig. 1. *Hippophae rhamnoides* L. on artificial sandy alluvium in the Chernihiv city

Oil from *Hippophae rhamnoides* has shown effectiveness in skin therapy for sunburns, chemical burns, radiation burns, and eczema. Furthermore, *H. rhamnoides* oil has shown positive results in treating health problems related to damaged mucous membranes of the gastrointestinal tract including mouth ulcers, gastric ulcers, and stress ulcers. Of particular interest, the berries, the oil, and the seeds of *H. rhamnoides* have been shown to possess antiatherogenic, hypocholesteromic, hypotensive, and anti-inflammatory properties and could therefore be successfully exploited to prevent or treat cardiovascular disease (Wani et al., 2016). *H. rhamnoides* berries contain larger amounts of ethyl 3-methylbutanoate, butyl pentanoate, 2-methylpropyl 3-methylbutanoate, and pentyl 3-methylbutanoate than the Finnish species, which are rich in ethyl 2-methyl-

butanoate, ethyl 3-methylbutanoate, and ethyl hexanoate. *H. rhamnoides* extract contains β -sitosterol, which have also been reported to exert antitumor activity (Jaśniewska & Diowksz, 2021).

Plants of the third category have significant resources and grow in ecologically safe conditions, with the exception of *Ulmus pumila*. Their medicinal parts can be harvested in the necessary volumes. The main *Ulmus pumila* distribution in the Chernihiv city is localized along the railway (Fig. 2). A potential direction of the use of this species from the known localities in Chernihiv is the study of changes in its medicinal properties under conditions of anthropogenic pollution.



Fig. 2. The main localization the *Ulmus pumila* L. young plants (left) and trees (right) in the Chernihiv city's green infrastructure is along the railway track

Highly invasive species (category 4) are *Amorpha fruticosa* L. and *Robinia pseudoacacia* L. These species actively occupy not only semi-natural habitats, but also displace species in natural phytocenoses. Their resources are considerable. For the most part, these plants are common in ecologically safe places. Therefore,

they can be used as medicinal raw materials and be prepared in unlimited quantities.

Amorpha fruticosa is actively spreading in Chernihiv city's green infrastructure of the floodplain phytocenoses. One of the quite promising medical applications of *A. fruticosa* is against diabetic complications. Used infusion

from leaves and stems as a general tonic and also against rheumatism and chronic sickness together with other plants (Kozuharova et al., 2017). The EO extracted from *A. fruticosa* fruits contains antimicrobial active compounds (such as linalool, citronellol, β -caryophyllene, caryophyllene oxide, α - and γ -muurolene, germacrene D, δ -cadinene, τ -cadinol) with moderate microbicidal activity on Gram-positive bacterial strains (Marinas et al., 2021).

Robinia pseudoacacia is the most aggressive invasive plant that takes root in various types of green infrastructure forest phytocenoses in the of the of the city of Chernihiv. *R. pseudoacacia*. The flowers, bark, and leaves of *R. pseudoacacia* have been used in traditional medicine for antitussive, laxative, and cholagogue purposes. These effects may be attributed to the bioactive molecules present in *R. pseudoacacia*, including alkaloids, flavonoids, tannins, phenols, and steroids. *Robinia pseudoacacia* leaf extract (RP) has been reported to contain flavonoids, including acacetin, apigenin, diosmetin, luteolin, and quercetin (Kim et al., 2019). The black locust flower (BLF), which has been used as a food additive and traditional medicine, is considered very important as the main raw material for honey harvesting. The BLF has been known to have diuretic, sedative and anti-inflammatory effects. The BLF contains a lot of ascorbic acid and phenolics, which have excellent antioxidant effects, and also has a relatively high content of free sugars and minerals (Bhalla & Bajpai, 2017).

Plants of the fourth category, due to their high invasiveness, have unlimited reserves. Environmentally safe conditions exist in most areas within the Chernihiv city's green infrastructure. Therefore, medicinal raw materials from these plants can be harvested in

large quantities and thereby regulate their number. Of course, the plants of the fourth category, like the previous groups, provide the environment of their existence with health-improving properties.

Conclusion

One of the most compelling motivations to integrate adventive trees and shrubs with medicinal properties into the landscape the green infrastructure of the Chernihiv city is the ecosystem services they provide.

Another advantage of using introduced trees and shrubs in the Chernihiv city's green infrastructure landscapes of is economic. It is that most introduced trees and shrubs are resistant to pests and drought, so less water and fertilizers are needed to grow them.

Adventive tree and shrub medicinal plants play a primary role in the restoration of man-made and semi-natural damaged areas, which are necessary to create a complete network of the urban green infrastructure.

The spectrum of pharmacological properties of adventive trees and shrubs that grow in the Chernihiv city's green infrastructure is quite diverse: from medicinal and cosmetological to antidiabetic and anticancer effects. However, the harvesting of a number of plants is limited by resources and the ecologically unfavorable environment of their habitats. Moderately invasive and highly invasive plants have significant resources and grow in an ecologically safe environment. The procurement of medicinal raw materials from these plants is to regulate their distribution in the natural objects of the Chernihiv city's green infrastructure.

References

- Bhalla, P., & Bajpai, V. K. (2017) Chemical Composition and Antibacterial Action of *Robinia pseudoacacia* L. Flower Essential Oil on Membrane Permeability of Foodborne Pathogens. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(3), 632–645. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1329670>
- Bi, W., Gao, Y., Shen, J., He, C., Liu, H., Peng, Y., Zhang, C., & Xiao, P. (2016). Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of the genus *Acer* (maple): A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 189, 31–60. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.04.021>
- Borealis, A. (2023, July 24). The role of medicinal plants in sustainable landscaping: exploring the texture and benefits of using medicinal plants in landscaping. *Information Channel*. <https://www.coohom.com/article/the-role-of-medicinal-plants-in-sustainable-landscaping-9221?hl=ru>

- Demirkan, G. H. (2018). Use of Medicinal and aromatic plants as ornamental plants in landscape designs. *Recent Researches in Science and Landscape Management*. Eds. R. Efe, M. Zencirkiranand, İ. Curebal. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing. 2018. P. 111–117.
- Duke, J. A. (2002). *Handbook of Medicinal Herbs*. (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- European Union. (2012). Opinion of the European Economic and Social Committee on the 'Proposal for a Decision of the European Parliament and of the Council on a General Union Environment Action Programme to 2020 «Living well, within the limits of our planet». *Official Journal of the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013AE0296>
- European Union. (n. d.). Document 52013DC0249. An official website of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013DC0249> (Last accessed: 26.02.2024)
- Hussein, R. A, Afifi, A. H, Soliman, A. A. F, El Shahid, Z. A, Zoheir, K. M. A, & Mahmoud, K. M. (2020). Neuroprotective activity of *Ulmus pumila* L. in Alzheimer's disease in rats; role of neurotrophic factors. *Heliyon*, 6(12), e05678. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05678>
- Jaśniewska, A., & Diowks, A. (2021). Wide Spectrum of Active Compounds in Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) for Disease Prevention and Food Production. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(8), 1279. <https://doi.org/10.3390/antiox10081279>
- Kaloo, M. A., Bhat, B. A., & Rafiqi, G. (2018). Preliminary Phytochemical Screening of Extracts of *Robinia pseudoacacia*. *International Journal of Pharmaceutics & Pharmacology*, 2(2), 1–4. <https://doi.org/10.31531/2581-3080.1000126>
- Kim D. C. (2019). Hoptree / Wafer-Ash (*Ptelea trifoliata*). *Warnell School of Forestry & Natural Resources*, 16(1), 1–16.
- Kim, H. S., Jang, J. M., Yun, S. Y., Zhou, D., Piao, Y., Ha, H. C., Back, M. J., Shin, I. C., & Kim, D. K. (2019). Effect of *Robinia pseudoacacia* Leaf Extract on Interleukin-1 β -mediated Tumor Angiogenesis. *In vivo (Athens, Greece)*, 33(6), 1901–1910. <https://doi.org/10.21873/invivo.11684>
- Konovalova, O., Omelkovets, T., Sydora, N., Hurtovenko, I., Kalista, M., & Shcherbakova, O. (2023). Investigation of the polyphenol composition of red oak (*Quercus rubra* L.) raw materials. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, 2(42), 75–81. <http://doi.org/10.15587/2519-4852.2023.277969>
- Kossah, R., Zhang, H., & Chen, W. (2011). Antimicrobial and antioxidant activities of Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruit extract. *Food Control*, 22(1), 128–132. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.06.002>
- Kozuharova, E., Matkowski, A., Woźniak, D., Simeonova, R., Naychov, Z., Malainer, C., Mocan, A., Nabavi, S. M., & Atanasov, A. G. (2017). *Amorpha fruticosa* – A noxious invasive alien plant in Europe or a medicinal plant against metabolic disease? *Frontiers in Pharmacology*, 8, 333. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00333>
- Liu, T., Li, Z., Li, R., Cui, Y., Zhao, Y., & Yu, Z. (2019). Composition analysis and antioxidant activities of the *Rhus typhina* L. stem. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 9(5), 332–338. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2019.01.002>
- Luan, F., Wang, Z., Yang, Y., Ji Y., Lv, H., Han, K., Liu, D., Shang, X., He, X., & Zeng, N. (2021). *Juglans mandshurica* Maxim.: a review of its traditional usages, phytochemical constituents, and pharmacological properties. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 569800. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.569800>
- Luna-Vázquez, F. J., Ibarra-Alvarado, C., Rojas-Molina, A., Rojas-Molina, J. I., Yahia, E. M., Rivera-Pastrana, D. M., Rojas-Molina, A., & Zavala-Sánchez, M. Á. (2013). Nutraceutical value of black cherry *Prunus serotina* Ehrh. fruits: antioxidant and antihypertensive properties. *Molecules*, 18(12), 14597–14612. <https://doi.org/10.3390/molecules181214597>

- Marinas, I. C., Oprea, E., Buleandra, M., Badea, I. A., Tihauan, B. M., Marutescu, L., Angheloiu, M., Matei, E., & Chifiriuc, M. C. (2021). Chemical composition, antipathogenic and cytotoxic activity of the essential oil extracted from *Amorpha fruticosa* fruits. *Molecules*, 26(11), 3146. <https://doi.org/10.3390/molecules26113146>
- Matić, S., Stanić, S., Mihailović, M., & Bogojević, D. (2016). *Cotinus coggygria* Scop.: An overview of its chemical constituents, pharmacological and toxicological potential. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(4), 452–461. <https://doi.org/10.1016%2Fj.sjbs.2015.05.012>
- Oracz, J., Prejzner, M., Grzelczyk, J., Kowalska, G., & Żyżelewicz, D. (2023). Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Sensory Properties of Northern Red Oak (*Quercus rubra* L., syn. *Q. borealis* F. Michx) seeds affected by roasting conditions. *Molecules*, 28(5), 2299. <https://doi.org/10.3390/molecules28052299>
- Shortt, K., & Vamosi, S. M. (2012). A review of the biology of the weedy *Siberian peashrub*, *Caragana arborescens*, with an emphasis on its potential effects in North America. *Botanical Studies*, 53(1), 1–8.
- Tahirović, A., Bašić, N., & Avdibegović, S. (2017). Antioxidant capacity and phenolic content of *Fraxinus ornus* L. and *Fraxinus pennsylvanica* Marshall. leaves and bark extracts. *Radovi Šumarskog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 47, 1–12. <https://doi.org/10.54652/rsf.2017.v47.i1.63>
- Takaku, S., & Setzer, W. N. (2007). Chemical composition of the leaf essential oil of *Ptelea trifoliata*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 10(2), 104–108. <http://dx.doi.org/10.1080/0972060X.2007.10643527>
- Telichowska, A., Kobus-Cisowska, J., & Szulc, P. (2020). Phytopharmacological possibilities of Bird Cherry *Prunus padus* L. and *Prunus serotina* L. species and their bioactive phytochemicals. *Nutrients*, 12(7), 1966, 1–21. <https://doi.org/10.3390/nu12071966>
- The Home & Garden Information Center. (2016). *Rain garden plants: Physocarpus opulifolius – Ninebark* [Fact sheet]. Retrieved February 02, 2024, from <https://hgic.clemson.edu/factsheet/rain-garden-plantsphysocarpus-opulifolius-ninebark/>
- Van Wyk, B.-E., & Wink, M. (2004). *Medicinal plants of the world: an illustrated scientific guide to important medicinal plants and their uses* (1st ed.). Timber Press.
- Wagh, V. V., & Jain, A. K. (2018). Status of ethnobotanical invasive plants in western Madhya Pradesh, India. *South African Journal of Botany*, 114, 171–180. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2017.11.008>
- Wani, T. A., Wani, S. M., Ahmad, M., Ahmad, M., Gani, A. Masoodi, F. A., & Yildiz F. (2016). Bioactive profile, health benefits and safety evaluation of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2:1128519, 1–9. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1128519>
- WFO (2023). Plant List. In *World Flora Online. Version 2023.06*. Retrieved September 04, 2023, from <https://wfoplantlist.org/plant-list/>
- Wu, C., Cui, X., Yu, P., Yang, M., Zhang, Y., Liu, X., & Qu, G. (2019). Triterpenic acids from *Sorbaria sorbifolia*. *Chemistry of Natural Compounds*, 55(3), 580–582. <https://doi.org/10.1007/s10600-019-02750-3>
- Yakubenko, B. E., Popovych, S., Yu., Ustymenko, P. M., Dubyna, D. V., & Churilov, A. M. (2018). *Geobotany: methodological aspects of research: textbook*. Lira K. (in Ukrainian)
Якубенко Б. Є., Попович С. Ю., Устименко П. М., Дубина Д. В., Чурілов А. М. Геоботаніка: методичні аспекти досліджень. навчальний посібник. Київ: Ліра К, 2018. 316 с.
- You, Y. O, Choi, N. Y., & Kim, K. J. (2013). Ethanol extract of *Ulmus pumila* root bark inhibits clinically isolated antibiotic-resistant bacteria. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2013, 269874. <https://doi.org/10.1155/2013/269874>

Zhang, J. P., Tian, X. H., Yang, Y. X., Liu, Q. X., Wang, Q., Chen, L. P., Li, H. L., & Zhang, W. D. (2016). *Gleditsia* species: an ethnomedical, phytochemical and pharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology*, 178, 155–171. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.11.044>

Received: 02.04.2024. **Accepted:** 12.04.2024. **Published:** 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Lukash O., Stupak Yu., Morskyi V., Aravin M. Adventive tree and shrub plant species with medicinal properties in the Chernihiv city's green infrastructure. *Biota. Human. Technology*. 2024. №1. С. 9-18.

Cite this article in APA style as:

Lukash, O., Stupak, Yu., Morskyi, V., & Aravin, M. (2024). Adventive tree and shrub plant species with medicinal properties in the Chernihiv city's green infrastructure. *Biota. Human. Technology*, 1, 9-18.

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, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Stupak Yu. [*in Ukrainian: Ступак Ю.*] ², Ph. D. student, email: yuli.reb100@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2514-2577
Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Morskyi V. [*in Ukrainian: Морський В.*] ³, Ph. D. student, email: vitaliymorskoy.cn@gmail.com
ORCID: 0009-0000-2465-6731
Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Aravin M. [*in Ukrainian: Аравін М.*] ³, Ph. D. student, email: maxwins1995@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7019-1901
Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

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

²Data collection and analysis, manuscript preparation.

³Data collection and analysis.

UDC 582.361/99(477.41/.55-751.3)

Віталій Коломійчук, Олександр Шиндер,
Олександр Баранський, Мирослав Шевера
КОНСПЕКТ ФЛОРИ СУДИННИХ РОСЛИН
НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ЗАЛІССЯ»



Vitaliy Kolomiichuk, Oleksandr Shynder, Oleksandr Baranskyi, Myroslav Shevera

CHECKLIST OF VASCULAR PLANTS FLORA
OF THE «ZALISSIA» NATIONAL NATURE PARK

DOI: 10.58407/bht.1.24.2

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Встановити видовий склад флори судинних рослин Національного природного парку «Залісся» (Київська та Чернігівська області).

Методологія. В основу дослідження покладені результати оригінальних досліджень авторів, проведені маршрутним способом на території НПП «Залісся» та з подальшою камеральною обробкою матеріалу, впродовж 2021–2023 рр. У роботі використано також літературні дані та матеріали Гербаріїв Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW), зокрема персональної колекції О.С. Роговича й Ботанічного саду ім. акад. О.В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка (KWHU), а також відомості з бази даних iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>). Розподіл видів адвентивних рослин здійснено згідно класифікації J. Kornaś (1968). Назви видів та їхній обсяг наведено за POWO (2024).

Наукова новизна. Вперше встановлено видове різноманіття флори судинних рослин Національного природного парку «Залісся», яке нараховує 778 видів та підвидів, складено анований конспект флори, виділено її аборигенну та адвентивну фракції.

Висновки. Встановлено, що більшість таксонів дослідженої флори, а саме 612 видів та підвидів (78,7 %) належить до природної компоненти. Досить високий відсоток складає група чужорідних таксонів – 166 видів і підвидів (21,3 %). В сучасній флорі спостерігається зростання адвентивізації за рахунок високого відсотку неаборигенних видів. До актуальних завдань належать: а) моніторинг за станом флори, б) пошук та підтвердження рідкісних видів (наприклад, *Astragalus arenarius*, *Dactylorhiza sambucina*, *Echium russicum*, *Lycopodium annotinum*, *Orchis sambucina*, *Thesium ebracteatum*), які раніше наводилися для території Парку, в) дослідження поширення чужорідних видів, зокрема й тих, які знаходяться у стані експансії (зокрема *Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Amorpha fruticosa*, *Cytisus scoparius*, *Phragmites altissimus*, *Prunus serotina*, *Solidago canadensis*) та становлять загрозу для фіторізноманіття.

Ключові слова: біорізноманіття, видовий склад, природна та адвентивна фракції флори, Київська та Чернігівська області, Україна

ABSTRACT

The aims of the study. To determine the species composition of the vascular plants flora of the «Zalissya» National Nature Park (Kyiv and Chernihiv Oblasts).

Methodology. The research is based on the results of the authors' original research, which was carried out by route on the territory of the «Zalissya» NPP during 2021–2023. In the work also used literature the herbarium material from the National herbarium of Ukraine of the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine (KW), including the A. Rogovich personal collection, herbariums of the M.M. Gryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine (KWHU) and acad. O.V. Fomin Botanical Garden of Taras Shevchenko National University in Kyiv (KWHU), as well as data's from the iNaturalist database (<https://www.inaturalist.org/>). Classification of alien species is given by J. Kornaś (1968).

The species names are given according to POWO (2024).

Scientific novelty. The species composition of the flora of vascular plants of the «Zalissyа» National Nature Park, which includes 778 species and subspecies, was established, and an its annotated checklist was compiled.

Conclusions. It was established that most taxa of the studied flora, namely 612 species and subspecies (78.7 %) belong to the natural component. A rather high percentage is a group of alien taxa – 166 species and subspecies (21.3 %). In modern flora, its adventitization is increasing due to the high percentage of non-native species. Current tasks include: a) monitoring of the state of the flora, b) search and confirmation of rare species, which were previously mentioned for the territory of the Park (e.g. *Astragalus arenarius*, *Dactylorhiza sambucina*, *Echium russicum*, *Lycopodium annotinum*, *Orchis sambucina*, *Thesium ebracteatum*), c) research on the distribution of alien species, including invasive (e.g. *Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Amorpha fruticosa*, *Cytisus scoparius*, *Phragmites altissimus*, *Prunus serotina*, *Solidago canadensis*) and pose a threat to phytodiversity.

Key words: biodiversity, species composition, native and alien fractions of the flora, Kyiv and Chernihiv oblasts, Ukraine

Постановка проблеми

З'ясування видового різноманіття різних територій є базовим моментом усіх флористичних досліджень, на основі яких у подальшому буде здійснюватись моніторинг і розробка дієвих заходів охорони фітобіоти. Особливо актуальним є детальні інвентаризаційні дослідження різноманіття для об'єктів природно-заповідного фонду, зокрема й новостворених, до яких належить Національний природний парк «Залісся» (далі НПП «Залісся»).

Матеріали та методи досліджень

В основу дослідження покладені результати оригінальних пошукових робіт авторів, проведені маршрутним способом на території НПП «Залісся», здійснених упродовж 2021–2023 років із подальшою камеральною обробкою матеріалу.

У роботі використано також матеріали Національного гербарію України Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW), гербаріїв Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (KWHN) та Ботанічного саду ім. акад. О.В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка (KWHU), а також відомості з бази даних iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>).

Розподіл видів адвентивних рослин здійснено за класифікацію J. Kornaś (1968).

Назви видів судинних рослин та їхній обсяг наведено за POWO (2023-onward).

Умови території дослідження

НПП «Залісся» створений у 2021 р., його площа становить 14836 га. Розташований у межах території Київської та Чернігівської обл. Складається з трьох ділянок: 1) урочище

«Залісся» (Деснянське, Заліське, Рожнянське та частково Літківське природоохоронно-науково-дослідне відділення (далі – ПНДВ) у межах Броварського р-ну Київської обл. та більшої частини Літківського ПНДВ у Чернігівському р-ні Чернігівської обл.; 2) урочище «Гоголівські гаї» (Заліське ПНДВ); 3) один квартал (№ 30) у межах Рожнянського ПНДВ на правому березі р. Десна, поблизу с. Нижня Дубечня Вишгородського р-ну Київської обл. (Проект..., 2022).

Результати та їх обговорення

Тривалий час територія сучасного НПП «Залісся», через режимність об'єкту, була дуже обмеженою для проведення ботанічних досліджень. Тому відомості про видовий склад флори новоствореного Парку практично відсутні, а ті, що існують дуже фрагментарні та суттєво застарілі.

Цілеспрямоване вивчення флори НПП «Залісся» розпочато перед завершенням оформленням його як об'єкту природно-заповідного фонду країни та пов'язано з підготовкою Проекту організації (2021). Попередньо видовий склад флори парку було оцінено у 470 видів судинних рослин (Project..., 2021; Baransky, Kolomiichuk, 2021; Kolomiichuk, Baransky, 2021). У 2021–2023 рр. авторами було продовжено спеціальне обслідування флори території парку, встановлено її сучасну різноманітність, складено конспект; також проведено структурний та фракційний аналізи флори, встановлено її особливості. За сучасними даними флора Парку налічує 778 видів та підвидів судинних рослин. Основу флори складають 612 видів і підвидів аборигенної фракції (78,7 %), що свідчить про добре

збережений рослинний покрив, а її адвентивна складова нараховує 166 видів і підвидів (21,3 %) (Kolomiichuk et al., 2024).

У цій публікації, яка доповнює попередню, де наведено розширені характеристики Парку та список використаних джерел (Kolomiichuk et al., 2024), наводимо анотований конспект флори НПП «Залісся» із вказівками приналежності видів до природної або адвентивної фракцій.

LYCOPODS (ПЛАУНИ)

LYCOPODIACEAE

1. *Lycopodium annotinum* L.: native
2. *Lycopodium clavatum* L.: native
3. *Lycopodium complanatum* L.
(=*Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub):
native

HORSETAILS (ХВОЩИ)

EQUISETACEAE

4. *Equisetum arvense* L.: native
5. *Equisetum fluviatile* L.: native
6. *Equisetum hyemale* L.: native
7. *Equisetum palustre* L.: native
8. *Equisetum sylvaticum* L.: native

FERNS (ПАПОРОТИ)

ATHYRIACEAE

9. *Athyrium filix-femina* (L.) Roth: native

CYSTOPTERIDACEAE

10. *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh.: native
11. *Gymnocarpium dryopteris* (L.)
Newman: native

DENNSTAEDTIACEAE

12. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn: native
13. *Pteridium pinetorum* C.N. Page & R.R.
Mill: native

DRYOPTERIDACEAE

14. *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P.Fuchs:
native
15. *Dryopteris cristata* (L.) A. Gray: native
16. *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray: native
17. *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott: native
18. *Polypodium vulgare* L.: native.

OPHIOGLOSSACEAE

19. *Botrychium multifidum* (S.G.Gmel.)
Rupr.: native

THELYPTERIDACEAE

20. *Thelypteris palustris* Schott: native

GYMNOSPERMS (ГОЛОНАСІННІ)

CUPRESSACEAE

21. *Juniperus communis* L.: native

PINACEAE

22. *Picea abies* (L.) H. Karst.: neophyte,
ergasiophygophyte
23. *Pinus banksiana* Lamb.: neophyte,
ergasiophygophyte
24. *Pinus sylvestris* L.: native

ANGIOSPERMS (ПОКРИТОНАСІННІ).

MONOCOTS

ALISMATACEAE

25. *Alisma lanceolatum* With.: native
26. *Alisma plantago-aquatica* L.: native
27. *Sagittaria sagittifolia* L.: native

AMARYLLIDACEAE

28. *Allium angulosum* L.: native
29. *Allium scorodoprasum* L.: archaeophyte,
ergasiophygophyte
30. *Allium oleraceum* L.: native
31. *Allium paniculatum* non L. (= *A. podolicum*
Blocki ex Racib. & Szafer): native
32. *Allium ursinum* L.: native
33. *Allium vineale* L.: native

ARACEAE (incl. LEMNACEAE)

34. *Lemna minor* L.: native
35. *Lemna trisulca* L.: native
36. *Lemna turionifera* Landolt: neophyte,
xenophyte
37. *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.: native

ASPARAGACEAE

38. *Anthericum ramosum* L.: native
39. *Asparagus officinalis* L.: native
40. *Convallaria majalis* L.: native
41. *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt:
native
42. *Polygonatum multiflorum* (L.) All.: native
43. *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce: native

BUTOMACEAE

44. *Butomus umbellatus* L.: native

CYPERACEAE

45. *Carex acuta* L.: native
46. *Carex acutiformis* Ehrh.: native
47. *Carex appropinquata* Schumacher: native
48. *Carex brizoides* L.: native

49. *Carex cespitosa* L.: native
 50. *Carex digitata* L.: native
 51. *Carex distans* L.: native
 52. *Carex elongata* L.: native
 53. *Carex ericetorum* Pollich: native
 54. *Carex hirta* L.: native
 55. *Carex pallescens* L.: native
 56. *Carex pilosa* Scop.: native
 57. *Carex praecox* Schreb.: native
 58. *Carex pseudocyperus* L.: native
 59. *Carex riparia* Curtis: native
 60. *Carex rostrata* Stokes: native
 61. *Carex spicata* Huds.: native
 62. *Carex sylvatica* Huds.: native
 63. *Cyperus flavescens* L.: native
 64. *Eriophorum angustifolium* Honck.: native
 65. *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult.: native
 66. *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla: native
 67. *Scirpus sylvaticus* L.: native

HYDROCHARITACEAE

68. *Elodea canadensis* Michx.: neophyte, ergasiophygyte
 69. *Hydrocharis morsus-ranae* L.: native
 70. *Stratiotes aloides* L.: native

IRIDACEAE

71. *Iris aphylla* L. (= *I. hungarica* Waldst. & Kit.): native
 72. *Iris pseudacorus* L.: native
 73. *Iris sibirica* L.: native
 74. *Sisyrinchium montanum* Greene: neophyte, ergasiophygyte

JUNCACEAE

75. *Juncus articulatus* L.: native
 76. *Juncus atratus* Krock.: native
 77. *Juncus bufonius* L.: native
 78. *Juncus conglomeratus* L.: native
 79. *Juncus effusus* L.: native
 80. *Juncus tenuis* Willd.: neophyte, xenophyte
 81. *Luzula campestris* (L.) DC.: native
 82. *Luzula multiflora* (Ehrh.) Lej.: native
 83. *Luzula pallescens* Sw.: native
 84. *Luzula pilosa* (L.) Willd.: native

LILIACEAE

85. *Gagea lutea* (L.) Ker Gawl.: native
 86. *Gagea minima* (L.) Ker Gawl.: native
 87. *Lilium martagon* L.: native

MELANTHIACEAE

88. *Paris quadrifolia* L.: native
 89. *Veratrum lobelianum* Bernh.: native

ORCHIDACEAE

90. *Anacamptis palustris* (Jacq.) R.M. Bateman, Pridgeon & M.W. Chase subsp. *elegans* (Heuff.) R.M. Bateman, Pridgeon & M.W. Chase: native
 91. *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó (= *D. maculata* (L.) Soó subsp. *fuchsii* (Druce) Hyl.): native
 92. *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó: native
 93. *Epipactis helleborine* (L.) Crantz: native
 94. *Epipactis palustris* (L.) Crantz: native
 95. *Hemipilia cucullata* (L.) Y. Tang, H. Peng & T. Yukawa (= *Ponerorchis cucullata* (L.) X.H. Jin, Schuit. & W.T. Jin, *Neottianthe cucullata* (L.) Schlechter): native
 96. *Neottia nidus-avis* (L.) Rich.: native
 98. *Neottia ovata* (L.) Bluff & Fingerh. (= *Listera ovata* (L.) R.Br.): native
 98. *Platanthera bifolia* (L.) Rich.: native

POACEAE

99. *Agrostis canina* L.: native
 100. *Agrostis capillaris* L.: native
 101. *Agrostis stolonifera* L.: native
 102. *Alopecurus aequalis* Sobol.: native
 103. *Alopecurus geniculatus* L.: native
 104. *Alopecurus pratensis* L.: native
 105. *Anthoxanthum odoratum* L.: native
 106. *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.: archaeophyte, xenophyte
 107. *Arrhenatherum elatius* (L.) P. Beauv. ex J. Presl & C. Presl: neophyte, ergasiophygyte
 108. *Avena fatua* L.: archaeophyte, xenophyte
 109. *Avena sativa* L.: neophyte, xenophyte. – Origin: Euro(s)
 110. *Avenula pubescens* (Huds.) Dumort. (= *Helictotrichon pubescens* (Huds.) Pilg.): native
 111. *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv.: native
 112. *Briza media* L.: native
 113. *Bromus arvensis* L.: archaeophyte, xenophyte
 114. *Bromus hordeaceus* L.: archaeophyte, xenophyte
 115. *Bromus inermis* Leyss.: native
 116. *Bromus japonicus* Houtt.: neophyte, xenophyte
 117. *Bromus secalinus* L.: neophyte, xenophyte
 118. *Bromus squarrosus* L.: neophyte, xenophyte
 119. *Bromus tectorum* L. (= *Anisantha tectorum* (L.) Nevski): archaeophyte, xenophyte

120. *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth: native
121. *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth : native
122. *Corynephorus canescens* (L.) P. Beauv.: native
123. *Dactylis glomerata* L.: native
124. *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv.: native
125. *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.: archaeophyte, xenophyte
126. *Digitaria ischaemum* (Schreb.) Muhl.: archaeophyte, xenophyte
127. *Elymus repens* (L.) Gould (= *Elytrigia repens* (L.) Nevski): native
128. *Eragrostis minor* Host: neophyte, xenophyte
129. *Festuca altissima* All.: native
130. *Festuca beckeri* (Hack.) Trautv.: native
131. *Festuca ovina* L. : native
132. *Festuca rubra* L.: native
133. *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb.: native
134. *Holcus lanatus* L.: native
135. *Koeleria glauca* (Spreng.) DC.: native
136. *Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darbysh subsp. *orientale* (Hack.) G.H. Loos: native
137. *Lolium giganteum* (L.) Darbysh.: native
138. *Lolium perenne* L.: native
139. *Lolium pratense* (Huds.) Darbysh. (= *Festuca pratensis* Huds.): native
140. *Melica nutans* L.: native
141. *Melica transsilvanica* Schur: native
142. *Milium effusum* L.: native
143. *Molinia caerulea* (L.) Moench: native
144. *Nardus stricta* L.: native
145. *Phalaris arundinacea* L.: native
146. *Phleum pratense* L.: native
147. *Phragmites altissimus* (Benth.) Mabilite: neophyte, xenophyte
148. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.: native
149. *Poa angustifolia* L.: native
150. *Poa annua* L.: native
151. *Poa bulbosa* L.: native
152. *Poa nemoralis* L.: native
153. *Poa palustris* L.: native
154. *Poa pratensis* L.: native
155. *Poa trivialis* L.: native
156. *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult.: archaeophyte, xenophyte
157. *Setaria verticillata* (L.) P. Beauv.: archaeophyte, xenophyte
158. *Setaria viridis* (L.) P. Beauv.: archaeophyte, xenophyte
159. *Sibirotrisetum sibiricum* (Rupr.) Barberá (= *Trisetum sibiricum* Rupr.): native
160. *Stipa borysthena* Klokov ex Prokudin: native
- POTAMOGETONACEAE
161. *Potamogeton crispus* L.: native
162. *Potamogeton lucens* L.: native
163. *Potamogeton natans* L.: native
164. *Potamogeton nodosus* Poir.: native
165. *Potamogeton perfoliatus* L.: native
- TYPHACEAE
166. *Sparganium emersum* Rehmman: native
167. *Sparganium erectum* L.: native
168. *Typha angustifolia* L.: native
169. *Typha latifolia* L.: native
- ANGIOSPERMS (ПОКРИТОСЕМНИ). EUDICOTS
- AMARANTHACEAE (incl. CHENOPODIACEAE)
170. *Amaranthus cruentus* L.: neophyte, ergasiophygophyte
171. *Amaranthus retroflexus* L.: neophyte, xenophyte
172. *Atriplex micrantha* Ledeb.: neophyte, xenophyte
173. *Atriplex patula* L.: native
174. *Atriplex rosea* L.: neophyte, xenophyte
175. *Atriplex sagittata* Borkh.: archaeophyte, xenophyte
176. *Atriplex tatarica* L.: neophyte, xenophyte
177. *Bassia laniflora* (S.G. Gmel.) A.J. Scott (= *Kochialaniflora* (S.G. Gmel.) Borbás): neophyte, xenophyte
178. *Chenopodium hybridum* (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch (= *Chenopodium hybridum* L.): archaeophyte, xenophyte
179. *Chenopodium album* L.: archaeophyte, xenophyte
180. *Chenopodium betaceum* Andrz.: neophyte, xenophyte
181. *Chenopodium opulifolium* Schrad. ex W.D.J. Koch & Ziz: archaeophyte, xenophyte
182. *Chenopodium suecicum* Murr: neophyte, xenophyte
183. *Corispermum canescens* Kit. ex Schult.: native
184. *Corispermum hyssopifolium* L.: native
185. *Lipandra polysperma* (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch: archaeophyte?, xenophyte
186. *Oxybasis glauca* (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch: native

APIACEAE

187. *Aegopodium podagraria* L.: native
 188. *Angelica sylvestris* L.: native
 189. *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.: native
 190. *Berula erecta* (Huds.) Coville: native
 191. *Carum carvi* L.: native
 192. *Chaerophyllum temulum* L.: native
 193. *Cicuta virosa* L.: native
 194. *Conium maculatum* L.: archaeophyte, xenophyte
 195. *Daucus carota* L.: native
 196. *Eryngium planum* L.: native
 197. *Heracleum sibiricum* L.: native
 198. *Heracleum sosnowskyi* Manden.: neophyte, ergasiophygophyte
 199. *Kadenia dubia* (Schkuhr) Lavrova & V.N. Tikhom. (= *Cnidium dubium* (Schkuhr) Thell.): native
 200. *Oenanthe aquatica* (L.) Poir.: native
 201. *Pastinaca sativa* L. var. *sylvestris* (Mill.) Mérat: native
 202. *Peucedanum cervaria* (L.) Lapeyr. (= *Cervaria rivinii* Gaertn.): native
 203. *Peucedanum oreoselinum* (L.) Moench: native
 204. *Peucedanum palustre* (L.) Moench: native
 205. *Pimpinella saxifraga* L.: native
 206. *Sanicula europaea* L.: native
 207. *Selinum carvifolia* (L.) L.: native
 208. *Seseli libanotis* (L.) W.D.J. Koch subsp. *intermedium* (Rupr.) P.W. Ball: native
 209. *Silphiodaucus prutenicus* (L.) Spalik, Wojew., Banasiak, Piwczyński & Reduron (= *Laserpitium prutenicum* L.): native
 210. *Sium latifolium* L.: native
 211. *Torilis japonica* (Houtt.) DC.: native
- APOCYNACEAE
212. *Asclepias syriaca* L.: neophyte, ergasiophygophyte
 213. *Vinca minor* L.: neophyte?, ergasiophygophyte?
 214. *Vincetoxicum hirundinaria* Medik.: native
- ARISTOLOCHIACEAE
215. *Aristolochia clematitis* L.: native
 216. *Asarum europaeum* L.: native
- ASTERACEAE
217. *Achillea inundata* Kondr.: native
 218. *Achillea millefolium* L. subsp. *millefolium*: native
 219. *Achillea millefolium* subsp. *collina* (Wirtg.) Oborný: native
 220. *Achillea pannonica* Scheele: neophyte, xenophyte
 221. *Achillea setacea* Waldst. & Kit.: native
 222. *Ambrosia artemisiifolia* L.: neophyte, xenophyte
 223. *Antennaria dioica* (L.) Gaertn.: native
 224. *Arctium lappa* L.: native
 225. *Arctium tomentosum* Mill.: native
 226. *Artemisia absinthium* L.: archaeophyte, xenophyte
 227. *Artemisia marschalliana* Spreng. (= *A. campestris* auct.): native
 228. *Artemisia vulgaris* L.: native
 229. *Bidens frondosa* L.: neophyte, xenophyte
 230. *Bidens tripartita* L.: native
 231. *Carduus crispus* L.: native
 232. *Carlina acaulis* L.: native
 233. *Carlina biebersteinii* Bernh. ex Hornem.: native
 234. *Centaurea borysthena* Gruner: native
 235. *Centaurea cyanus* L.: archaeophyte, xenophyte
 236. *Centaurea jacea* L. subsp. *jacea*: native
 237. *Centaurea phrygia* L. subsp. *pseudophrygia* (C.A. Mey.) Gugler: native
 238. *Centaurea scabiosa* L. subsp. *scabiosa*: native
 239. *Centaurea stoebe* L. subsp. *australis* (Pančić ex A. Kern.) Greuter: neophyte, xenophyte
 240. *Chondrilla juncea* L.: native
 241. *Cichorium intybus* L.: archaeophyte, xenophyte
 242. *Cirsium arvense* (L.) Scop.: native
 243. *Cirsium canum* (L.) All.: native
 244. *Cirsium rivulare* (Jacq.) All.: native
 245. *Cirsium vulgare* (Savi) Ten.: native
 246. *Crepis foetida* L. subsp. *rhoeadifolia* (M. Bieb.) Čelak.: neophyte, xenophyte
 247. *Crepis praemorsa* (L.) Tausch: native
 248. *Crepis tectorum* L.: native
 249. *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen.: neophyte, ergasiophygophyte
 250. *Erechtites hieracifolia* (L.) Raf. ex DC.: neophyte, xenophyte
 251. *Erigeron acris* L. subsp. *acris*: native
 252. *Erigeron annuus* (L.) Desf. subsp. *annuus*: neophyte, xenophyte
 253. *Erigeron annuus* subsp. *lilacinus* Sennikov & Kurtto: neophyte, xenophyte
 254. *Erigeron canadensis* L.: neophyte, xenophyte
 255. *Filago arvensis* L.: native

256. *Galinsoga parviflora* Cav.: neophyte, xenophyte
 257. *Gnaphalium uliginosum* L.: native
 258. *Helichrysum arenarium* (L.) Moench: native
 259. *Hieracium umbellatum* L.: native
 260. *Hypochaeris maculata* L.: native
 261. *Hypochaeris radicata* L.: native
 262. *Inula helenium* L.: neophyte, ergasiophygophyte
 263. *Jacobaea erucifolia* (L.) G. Gaertn., B.Mey. & Scherb.: native
 264. *Jacobaea vulgaris* Gaertn.: native
 265. *Jurinea cyanoides* (L.) Rchb.: native
 266. *Lactuca muralis* (L.) Gaertn. (= *Mycelis muralis* (L.) Dumort.): native
 267. *Lactuca serriola* L.: archaeophyte, xenophyte
 268. *Lapsana communis* L.: native
 269. *Leucanthemum vulgare* Lam.: native
 270. *Matricaria discoidea* DC.: neophyte, xenophyte
 271. *Omalotheca sylvatica* (L.) Sch. Bip. & F.W. Schultz: native
 272. *Onopordum acanthium* L.: archaeophyte, xenophyte
 273. *Pentanema britannica* (L.) D. Gut. Larr., Santos-Vicente, Anderb., E.Rico & M.M.Mart.Ort. (= *Inula britannica* L.): native
 274. *Pentanema ensifolium* (L.) D.Gut.Larr., Santos-Vicente, Anderb., E.Rico & M.M.Mart.Ort. (= *Inula ensifolia* L.): native
 275. *Pentanema hirtum* (L.) D. Gut. Larr., Santos-Vicente, Anderb., E.Rico & M.M.Mart.Ort. (= *Inula hirta* L.): native.
 276. *Picris hieracioides* L.: native
 277. *Pilosella bauhini* (Schult.) Arv.-Touv. (= *P. plicatula* (Zahn) Schljakov): native
 278. *Pilosella caespitosa* (Dumort.) P.D.Sell & C.West.: native
 279. *Pilosella cymosa* (L.) F.W. Schultz & Sch.Bip. subsp. *vaillantii* (Tausch) S.Bräut. & Greuter (= *P. vaillantii* (Tausch) Soják): native
 280. *Pilosella echioides* (Lumn.) F.W.Schultz & Sch.Bip.: native
 281. *Pilosella floribunda* (Wimm. & Grab.) Fr.: native
 282. *Pilosella officinarum* Vaill.: native
 283. *Pilosella onegensis* Norrl.: native
 284. *Pilosella* × *piloselliflora* (Nägeli & Peter) Soják: native
 285. *Pilosella piloselloides* (Vill.) Soják subsp. *praealta* (Gochnat) S. Bräut. & Greuter (= *P. praealta* (Vill. ex Gochnat) F.W. Schultz & Sch.Bip.): native
 286. *Psephellus sumensis* (Kalen.) Greuter (= *Centaurea sumensis* Kalen.): native
 287. *Scorzonera purpurea* L.: native
 288. *Scorzoneroides autumnalis* (L.) Moench (= *Leontodon autumnalis* L.): native
 289. *Senecio sylvaticus* L.: native
 290. *Senecio viscosus* L.: neophyte, xenophyte
 291. *Senecio vulgaris* L.: archaeophyte, xenophyte
 292. *Serratula tinctoria* L.: native
 293. *Solidago canadensis* L.: neophyte, ergasiophygophyte
 294. *Solidago gigantea* Aiton: neophyte, ergasiophygophyte
 295. *Solidago virgaurea* L.: native
 296. *Sonchus arvensis* subsp. *uliginosus* (M.Bieb.) Nyman: native
 297. *Sonchus asper* (L.) Hill: archaeophyte, xenophyte
 298. *Sonchus oleraceus* L.: archaeophyte, xenophyte
 299. *Symphotrichum novi-belgii* (L.) G.L.Nesom (= *Aster novi-belgii* L.): neophyte, ergasiophygophyte
 300. *Tanacetum vulgare* L.: native
 301. *Taraxacum officinale* F.H. Wigg. s.l.: native
 302. *Tragopogon dubius* Scop. subsp. *major* (Jacq.) Vollm.: native
 303. *Tragopogon orientalis* L.: native
 304. *Tragopogon ucrainicus* Artemczuk: native
 305. *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip. (= *Matricaria inodora* L.): archaeophyte, xenophyte
 306. *Tussilago farfara* L.: native
 307. *Verbesina encelioides* (Cav.) Benth. & Hook.fil. ex A.Gray: neophyte, ergasiophygophyte
 308. *Xanthium orientale* L. var. *albinum* (Widder) Adema & M.T.Jansen: neophyte, xenophyte
 309. *Xanthium strumarium* L.: archaeophyte, xenophyte
- BALSAMINACEAE
 310. *Impatiens noli-tangere* L.: native
 311. *Impatiens parviflora* DC.: neophyte, xenophyte

BERBERIDACEAE

312. *Berberis aquifolium* Pursh: neophyte, ergasiophygophyte
 313. *Berberis vulgaris* L.: native

BETULACEAE

314. *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.: native
 315. *Betula pendula* Roth: native
 316. *Betula pubescens* Ehrh.: native
 317. *Carpinus betulus* L.: native
 318. *Corylus avellana* L.: native

BORAGINACEAE

319. *Anchusa arvensis* (L.) M. Bieb. (= *Lycopsis arvensis* L.):
 archaeophyte, xenophyte
 320. *Anchusa officinalis* L.: archaeophyte, xenophyte
 321. *Anchusa procera* Besser ex Link.: native
 322. *Asperugo procumbens* L.: native
 323. *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst.:
 archaeophyte, xenophyte
 324. *Cynoglossum officinale* L.: archaeophyte, xenophyte
 325. *Echium vulgare* L.: native
 326. *Myosotis arvensis* (L.) Hill: archaeophyte, xenophyte
 327. *Myosotis scorpioides* L.: native
 328. *Myosotis sparsiflora* J.C. Mikan ex Pohl: native
 329. *Myosotis stricta* Link ex Roem. & Schult.: native
 330. *Pontechium maculatum* (L.) Böhle & Hilger (= *Echium rubrum* Jacq., *E. russicum* S.G. Gmel.): native
 331. *Pulmonaria angustifolia* L.: native
 332. *Pulmonaria obscura* Dumort.: native
 333. *Symphytum officinale* L.: native

BRASSICACEAE

334. *Alliaria petiolata* (M. Bieb.) Cavara & Grande: native
 335. *Arabidopsis arenosa* (L.) Lawalrée: native
 336. *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.: native
 337. *Arabis planisiliqua* (Pers.) Rchb.: native
 338. *Arabis sagittata* (Bertol.) DC. (= *A. hirsuta* auct. non (L.) Scop.): native
 339. *Armoracia rusticana* P. Gaertn., B.Mey. & Scherb.: neophyte, ergasiophygophyte
 340. *Barbarea vulgaris* (L.) W.T. Aiton (= *B. arcuata* (Opiz) Rchb.): native
 341. *Berteroa incana* (L.) DC.: native
 342. *Bunias orientalis* L.: neophyte, xenophyte.

343. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.:
 archaeophyte, xenophyte
 344. *Cardamine amara* L.: native.
 345. *Cardamine bulbifera* (L.) Crantz: native
 346. *Cardamine impatiens* L.: native
 347. *Cardamine pratensis* L. subsp. *paludosa* (Knaf) Čelak. (= *C. dentata* Schult.): native
 348. *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl: archaeophyte, xenophyte
 349. *Draba verna* L.: native.
 350. *Erysimum canum* (Pill. & Mitterp.) Polatschek: native
 351. *Erysimum cheiranthoides* L.: archaeophyte, xenophyte
 352. *Lepidium densiflorum* Schrad.: neophyte, xenophyte
 353. *Lepidium sativum* L.: neophyte, ergasiophygophyte
 354. *Rorippa palustris* (L.) Besser: native
 355. *Rorippa sylvestris* (L.) Besser: native
 356. *Sisymbrium loeselii* L.: neophyte, xenophyte
 357. *Sisymbrium officinale* (L.) Scop.: archaeophyte, xenophyte
 358. *Thlaspi arvense* L.: archaeophyte, xenophyte
 359. *Turritis glabra* L.: native

CAMPANULACEAE

360. *Campanula bononiensis* L.: native
 361. *Campanula cervicaria* L.: native
 362. *Campanula glomerata* L.: native
 363. *Campanula patula* L.: native
 364. *Campanula persicifolia* L.: native
 365. *Campanula rapunculoides* L.: native
 366. *Campanula rotundifolia* L.: native
 367. *Jasione montana* L.: native
 368. *Phyteuma orbiculare* L.: native

CANNABACEAE

369. *Cannabis sativa* L. var. *ruderalis* (Janisch.) S.Z. Liou: neophyte, xenophyte
 370. *Humulus lupulus* L.: native

CAPRIFOLIACEAE (incl. DIPSACACEAE et VALERIANACEAE)

371. *Knautia arvensis* (L.) Coult.: native
 372. *Scabiosa ochroleuca* L.: native
 373. *Succisa pratensis* Moench.: native
 374. *Valeriana officinalis* L.: native
 375. *Valeriana stolonifera* Czern.: native.

CARYOPHYLLACEAE

376. *Arenaria serpyllifolia* L.
(=*A. viscida* Loisel.): native
377. *Cerastium arvense* L.: native
378. *Cerastium holosteoides* Fr.
(=*C. fontanum* non Baumg.): native
379. *Cerastium semidecandrum* L.: native
380. *Dianthus arenarius* L. subsp.
pseudosquarrosus (Novak) Kleopow:
native.
381. *Dianthus armeria* L.: native
382. *Dianthus barbatus* L.: neophyte,
ergasiophygophyte
383. *Dianthus borbasii* Vandas: native
384. *Dianthus deltooides* L.: native
385. *Dianthus superbus* L. subsp. *stenocalyx*
(Trautv. ex Juz.) Kleopow: native
386. *Eremogone saxatilis* (L.) Ikonn.: native
387. *Gypsophila fastigiata* L.: native
388. *Gypsophila paniculata* L.: native
389. *Herniaria glabra* L.: native
390. *Herniaria polygama* J. Gay: native
391. *Holosteum umbellatum* L.: neophyte,
xenophyte
392. *Moehringia trinervia* (L.) Clairv.: native
393. *Psammophiliella muralis* (L.) Ikonn.
(=*Gypsophila muralis* L.): native
394. *Rabelera holostea* (L.) M.T. Sharples &
E.A. Tripp (= *Stellaria holostea* L.): native
395. *Sagina procumbens* L.: native
396. *Saponaria officinalis* L.: neophyte,
ergasiophygophyte
397. *Scleranthus annuus* L.: archaeophyte,
xenophyte
398. *Scleranthus perennis* L.: native
399. *Silene baccifera* (L.) Roth: native
400. *Silene borysthena* (Gruner) Walters
(=*Otites borysthena* (Gruner) Klokov):
native
401. *Silene dichotoma* Ehrh.: native
402. *Silene flos-cuculi* (L.) Greuter & Burdet
(=*Coronaria flos-cuculi* (L.) A. Braun):
native
403. *Silene latifolia* Poir. subsp. *alba* (Miller)
Greuter & Burdet (= *Melandrium album*
(Mill.) Garcke): native
404. *Silene nutans* L.: native
405. *Silene vulgaris* (Moench) Garcke: native
406. *Spergula arvensis* L.: archaeophyte,
xenophyte
407. *Spergula morisonii* Boreau: native
408. *Stellaria aquatica* (L.) Scop.: native
409. *Stellaria graminea* L.: native
410. *Stellaria media* (L.) Vill.: native

411. *Stellaria palustris* Ehrh. ex Retz: native412. *Viscaria vulgaris* Roehl.: native

CELASTRACEAE

413. *Euonymus europaeus* L.: native414. *Euonymus verrucosus* Scop.: native

CERATOPHYLLACEAE

415. *Ceratophyllum demersum* L.: native416. *Ceratophyllum submersum* L.: native

CISTACEAE:

417. *Helianthemum nummularium* (L.) Mill.
subsp. *obscurum* (Pers.) Holub: native

CONVOLVULACEAE

418. *Calystegia sepium* (L.) R.Br.: native419. *Convolvulus arvensis* L.: native

CORNACEAE

420. *Cornus sanguinea* L. subsp. *sanguinea*:
native

CRASSULACEAE

421. *Hylotelephium maximum* (L.) Holub subsp.
maximum: native422. *Hylotelephium telephium* (L.) H. Ohba:
native423. *Petrosedum rupestre* (L.) P.V. Heath:
neophyte, ergasiophygophyte424. *Sedum acre* L.: native425. *Sempervivum ruthenicum* Schnittsp. &
C.B. Lehm.: native

CUCURBITACEAE

426. *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. &
Nakai: neophyte, ergasiophygophyte427. *Cucurbita pepo* L.: neophyte,
ergasiophygophyte428. *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. &
A.Gray: neophyte, ergasiophygophyte429. *Thladiantha dubia* Bunge: neophyte,
ergasiophygophyte

ELATINACEAE

430. *Elatine alsinastrum* L.: native

ERICACEAE

431. *Calluna vulgaris* (L.) Hull: native432. *Moneses uniflora* (L.) A. Gray: native433. *Orthilia secunda* (L.) House: native434. *Pyrola chlorantha* Sw.: native435. *Pyrola minor* L.: native436. *Pyrola rotundifolia* L.: native

437. *Vaccinium myrtillus* L.: native
438. *Vaccinium vitis-idaea* L.: native

EUPHORBIACEAE

439. *Euphorbia cyparissias* L.: native
440. *Euphorbia esula* L.: native
441. *Euphorbia helioscopia* L.: archaeophyte, xenophyte
442. *Euphorbia palustris* L.: native
443. *Euphorbia saratoi* Ardoino: native
444. *Euphorbia seguieriana* Neck.: native
445. *Mercurialis perennis* L.: native

FABACEAE

446. *Amorpha fruticosa* L.: neophyte, ergasiophygophyte
447. *Astragalus arenarius* L.: native
448. *Astragalus cicer* L.: native
449. *Astragalus glycyphyllos* L.: native
450. *Caragana arborescens* Lam.: neophyte, ergasiophygophyte
451. *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klásk.: native
452. *Coronilla varia* L.: native
453. *Cytisus scoparius* (L.) Link: neophyte, ergasiophygophyte
454. *Genista tinctoria* L.: native
455. *Lathyrus niger* (L.) Bernh.: native
456. *Lathyrus pratensis* L.: native
457. *Lathyrus sylvestris* L.: native
458. *Lathyrus vernus* (L.) Bernh.: native
459. *Lotus corniculatus* L.: native
460. *Lupinus polyphyllus* Lindl.: neophyte, ergasiophygophyte
461. *Medicago falcata* L.: native
462. *Medicago lupulina* L.: native
463. *Medicago sativa* L.: neophyte, ergasiophygophyte
464. *Melilotus albus* Medik.: native
465. *Melilotus officinalis* (L.) Lam.: native
466. *Ononis arvensis* L.: native
467. *Robinia pseudoacacia* L.: neophyte, ergasiophygophyte
468. *Trifolium alpestre* L.: native
469. *Trifolium arvense* L.: native
470. *Trifolium aureum* Pollich: native
471. *Trifolium campestre* Schreb.: native
472. *Trifolium dubium* Sibth.: native
473. *Trifolium fragiferum* L.: native
474. *Trifolium hybridum* L.: neophyte, ergasiophygophyte
475. *Trifolium medium* L.: native
476. *Trifolium montanum* L.: native
477. *Trifolium pratense* L.: native

478. *Trifolium repens* L.: native
479. *Vicia cassubica* L.: native
480. *Vicia cracca* L.: native
481. *Vicia hirsuta* (L.) Gray: archaeophyte, xenophyte
482. *Vicia sativa* L. subsp. *nigra* (L.) Ehrh. (= *V. angustifolia* L.): neophyte, xenophyte
483. *Vicia tetrasperma* (L.) Schreb.: archaeophyte, xenophyte
484. *Vicia villosa* Roth: archaeophyte, xenophyte

FAGACEAE

485. *Quercus robur* L.: native
486. *Quercus rubra* L.: neophyte, ergasiophygophyte

GENTIANACEAE

487. *Centaurium erythraea* Rafn: native
488. *Centaurium littorale* (Turner) Gilmour subsp. *uliginosum* (Waldst. & Kit.) Rothm. ex Melderis (= *C. uliginosum* (Waldst. & Kit.) Fritsch): native
489. *Gentiana pneumonanthe* L.: native

GERANIACEAE

490. *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér.: native
491. *Geranium palustre* L.: native
492. *Geranium pratense* L.: native
493. *Geranium pusillum* L.: archaeophyte, xenophyte
494. *Geranium robertianum* L.: native
495. *Geranium sanguineum* L.: native
496. *Geranium sibiricum* L.: neophyte, xenophyte

GROSSULARIACEAE

497. *Ribes nigrum* L.: native
498. *Ribes spicatum* E. Robson: native
499. *Ribes uva-crispa* L.: native

HYPERICACEAE

500. *Hypericum elegans* Stephan ex Willd.: native
501. *Hypericum montanum* L.: native
502. *Hypericum perforatum* L.: native
503. *Hypericum tetrapterum* Fr.: native

JUGLANDACEAE

504. *Juglans mandshurica* Maxim.: neophyte, ergasiophygophyte
505. *Juglans regia* L.: neophyte, ergasiophygophyte

LAMIACEAE

506. *Ajuga genevensis* L.: native
 507. *Ajuga reptans* L.: native
 508. *Ballota nigra* L.: archaeophyte, xenophyte
 509. *Betonica officinalis* L.: native
 510. *Clinopodium acinos* (L.) Kuntze: native
 511. *Clinopodium vulgare* L.: native
 512. *Dracocephalum ruyschiana* L.: native
 513. *Elsholzia ciliata* (Thunb.) Hyl.: neophyte, ergasiophygophyte
 514. *Galeopsis bifida* Boenn.: native
 515. *Glechoma hederacea* L.: native
 516. *Glechoma hirsuta* Waldst. & Kit.: native
 517. *Lamium album* L.: archaeophyte, xenophyte
 518. *Lamium amplexicaule* L.: archaeophyte, xenophyte
 519. *Lamium galeobdolon* (L.) L. (= *Galeobdolon luteum* Huds.): native
 520. *Lamium maculatum* (L.) L.: native
 521. *Lamium purpureum* L.: archaeophyte, xenophyte
 522. *Leonurus quinquelobatus* Gilib.: native
 523. *Lycopus europaeus* L.: native
 524. *Mentha aquatica* L.: native
 525. *Mentha arvensis* L.: native
 526. *Mentha longifolia* (L.) Huds.: native
 527. *Origanum vulgare* L.: native
 528. *Prunella grandiflora* (L.) Turra: native
 529. *Prunella vulgaris* L.: native
 530. *Salvia pratensis* L.: native
 531. *Scutellaria galericulata* L.: native
 532. *Scutellaria hastifolia* L.: native
 533. *Stachys palustris* L.: native
 534. *Stachys recta* L.: native
 535. *Stachys sylvatica* L.: native
 536. *Teucrium chamaedrys* L.: native
 537. *Thymus pulegioides* L.: native
 538. *Thymus serpyllum* L.: native

LENTIBULARIACEAE

539. *Utricularia vulgaris* L.: native

LINACEAE

540. *Linum catharticum* L.: native
 541. *Linum flavum* L.: native
 542. *Linum perenne* L.: native

LYTHRACEAE

543. *Lythrum portula* (L.) D.A. Webb: native
 544. *Lythrum salicaria* L.: native
 545. *Lythrum virgatum* L.: native

MALVACEAE

546. *Althaea officinalis* L.: neophyte, ergasiophygophyte
 547. *Malva neglecta* Wallr.: archaeophyte, xenophyte
 548. *Malva sylvestris* L.: archaeophyte, ergasiophygophyte
 549. *Malva thuringiaca* (L.) Vis. (= *Lavatera thuringiaca* L.): native
 550. *Tilia cordata* Mill.: native
 551. *Tilia platyphyllos* Scop.: neophyte, ergasiophygophyte

MENYANTHACEAE

552. *Menyanthes trifoliata* L.: native

MORACEAE

553. *Morus alba* L.: neophyte, ergasiophygophyte

NYMPHAEACEAE

554. *Nuphar lutea* (L.) Sm.: native
 555. *Nymphaea alba* L.: native
 556. *Nymphaea candida* C. Presl: native

OLEACEAE

557. *Fraxinus excelsior* L.: native
 558. *Fraxinus pennsylvanica* Marshall: neophyte, ergasiophygophyte
 559. *Ligustrum vulgare* L.: neophyte, ergasiophygophyte
 560. *Syringa vulgaris* L.: neophyte, ergasiophygophyte

ONAGRACEAE

561. *Epilobium angustifolium* L. (= *Chamerion angustifolium* (L.) Holub): native
 562. *Epilobium hirsutum* L.: native
 563. *Epilobium palustre* L.: native
 564. *Epilobium parviflorum* Schreb.: native
 565. *Oenothera biennis* L.: neophyte, xenophyte
 566. *Oenothera rubricaulis* Kleb.: neophyte, xenophyte

OROBANCHACEAE

567. *Euphrasia stricta* J.P. Wolff ex J.F. Lehm.: native
 568. *Rhinanthus major* L. var. *apterus* Fr. (= incl. *R. vernalis* (N. Zinger) Schischk. & Serg.): native
 569. *Lathraea squamaria* L.: native
 570. *Melampyrum nemorosum* L.: native
 571. *Melampyrum pratense* L.: native
 572. *Pedicularis sceptrum-carolinum* L.: native
 573. *Rhinanthus minor* L.: native

OXALIDACEAE

574. *Oxalis acetosella* L.: native
575. *Oxalis stricta* L.: neophyte, xenophyte

PAPAVERACEAE

576. *Chelidonium majus* L.: native
577. *Corydalis cava* (L.) Schweigg. & Körte: native
578. *Corydalis solida* (L.) Clairv.: native
579. *Fumaria officinalis* L.: archaeophyte, xenophyte
580. *Papaver rhoeas* L.: archaeophyte, xenophyte

PHYTOLACCACEAE

581. *Phytolacca acinosa* Roxb.: neophyte, ergasiophygophyte

PLANTAGINACEAE

582. *Callitriche palustris* L.: native
583. *Digitalis grandiflora* Mill.: native
584. *Gratiola officinalis* L.: native
585. *Linaria genistifolia* (L.) Mill.: native
586. *Linaria odora* (M. Bieb.) Fisch. (= *L. dulcis* Klokov): native
587. *Linaria vulgaris* Mill.: native
588. *Plantago indica* L. (= *P. scabra* Moench, *P. arenaria* Waldst. & Kit.): native
589. *Plantago lanceolata* L.: native
590. *Plantago major* L.: native
591. *Plantago media* L.: native
592. *Veronica arvensis* L.: archaeophyte, xenophyte
593. *Veronica chamaedrys* L.: native
594. *Veronica incana* L.: native
595. *Veronica longifolia* L.: native
596. *Veronica officinalis* L.: native
597. *Veronica persica* Poir.: neophyte, xenophyte
598. *Veronica polita* Fr.: neophyte, xenophyte
599. *Veronica scutellata* L.: native
600. *Veronica serpyllifolia* L.: native
601. *Veronica spicata* L. subsp. *spicata*: native
602. *Veronica spicata* subsp. *paczoskiana* (Klokov) Kosachev: native
603. *Veronica teucrium* L.: native
604. *Veronica verna* L.: native

POLEMONIACEAE

605. *Phlox paniculata* L.: neophyte, ergasiophygophyte
606. *Polemonium caeruleum* L.: native

POLYGALACEAE

607. *Polygala amarella* Crantz: native
608. *Polygala comosa* Schkuhr: native
609. *Polygala vulgaris* L.: native

POLYGONACEAE

610. *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve: archaeophyte, xenophyte
611. *Fallopia dumetorum* (L.) Holub: native
612. *Persicaria amphibia* (L.) Gray: native
613. *Persicaria hydropiper* (L.) Spach: native
614. *Persicaria lapathifolia* (L.) Gray: native
615. *Persicaria maculosa* Gray: native
616. *Persicaria minor* (Huds.) Opiz: native
617. *Polygonum arenastrum* Boreau: native
618. *Polygonum aviculare* L.: native
619. *Polygonum novoascanicum* Klokov: native
620. *Reynoutria × bohemica* Chrtek & Chrtková: neophyte, ergasio-xenophyte
621. *Rumex acetosa* L.: native
622. *Rumex acetosella* L. subsp. *acetosella*: native
623. *Rumex confertus* Willd.: native
624. *Rumex crispus* L.: native
625. *Rumex hydrolapathum* Huds.: native
626. *Rumex maritimus* L.: native
627. *Rumex obtusifolius* L. subsp. *sylvestris* (Lam.) Čelak.: native
628. *Rumex stenophyllus* Ledeb.: native
629. *Rumex thyrsoiflorus* Fingerh.: native

PORTULACACEAE

630. *Portulaca oleracea* L.: archaeophyte, xenophyte

PRIMULACEAE

631. *Hottonia palustris* L.: native
632. *Lysimachia europaea* (L.) U. Manns & Anderb. (= *Trientalis europaea* L.): native
633. *Lysimachia nummularia* L.: native
634. *Lysimachia vulgaris* L.: native
635. *Primula veris* L.: native

RANUNCULACEAE

636. *Actaea spicata* L.: native
637. *Anemonoides nemorosa* (L.) Holub (= *Anemone nemorosa* L.): native
638. *Anemonoides ranunculoides* (L.) Holub (= *Anemone ranunculoides* L.): native
639. *Anemonoides sylvestris* (L.) Galasso, Banfi & Soldano (= *Anemone sylvestris* L.): native
640. *Aquilegia vulgaris* L.: neophyte, ergasiophygophyte
641. *Caltha palustris* L.: native

642. *Clematis recta* L.: native
 643. *Delphinium consolida* L. subsp. *consolida* (= *Consolida regalis* Gray): archaeophyte, xenophyte
 644. *Pulsatilla patens* (L.) Mill.: native
 645. *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill.: native
 646. *Ranunculus acris* L.: native
 647. *Ranunculus auricomus* L.: native
 648. *Ranunculus cassubicus* L.: native
 649. *Ranunculus ficaria* L.: native
 650. *Ranunculus flammula* L.: native
 651. *Ranunculus illyricus* L.: native
 652. *Ranunculus polyanthemus* L.: native
 653. *Ranunculus repens* L.: native
 654. *Ranunculus sardous* Crantz: native
 655. *Ranunculus sceleratus* L.: native
 656. *Thalictrum aquilegifolium* L.: native
 657. *Thalictrum flavum* L.: native
 658. *Thalictrum lucidum* L.: native
 659. *Thalictrum simplex* L.: native
- RHAMNACEAE
 660. *Frangula alnus* Mill.: native
 661. *Rhamnus cathartica* L.: native
- ROSACEAE
 662. *Agrimonia eupatoria* L.: native
 663. *Agrimonia pilosa* Ledeb.: native
 664. *Agrimonia procera* Wallr.: native
 665. *Alchemilla vulgaris* L.: native
 666. *Amelanchier* × *spicata* (Lam.) K.Koch: neophyte, ergasiophygophyte
 667. *Argentina anserina* (L.) Rydb. (= *Potentilla anserina* L.): native
 668. *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach: neophyte, ergasiophygophyte
 669. *Crataegus monogyna* Jacq.: native
 670. *Crataegus rhipidophylla* Gand.: native
 671. *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.: native
 672. *Filipendula vulgaris* Moench: native
 673. *Fragaria vesca* L.: native
 674. *Fragaria viridis* Duchesne: native
 675. *Geum rivale* L.: native
 676. *Geum urbanum* L.: native
 677. *Malus domestica* Borkh.: neophyte, ergasiophygophyte
 678. *Malus sylvestris* (L.) Mill.: native
 679. *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.: neophyte, ergasiophygophyte
 680. *Potentilla alba* L.: native
 681. *Potentilla argentea* L.: native
 682. *Potentilla erecta* (L.) Raeusch.: native
 683. *Potentilla heptaphylla* L.: native
 684. *Potentilla incana* P.Gaertn., B.Mey. & Scherb.: native
 685. *Potentilla inclinata* Vill. (= *P. canescens* Besser): native
 686. *Potentilla norvegica* L.: native
 687. *Potentilla recta* L. subsp. *obscura* (Willd.) Arcang.: native
 688. *Potentilla reptans* L.: native
 689. *Prunus armeniaca* L.: neophyte, ergasiophygophyte
 690. *Prunus avium* (L.) L.: native
 691. *Prunus cerasifera* Ehrh.: neophyte, ergasiophygophyte
 692. *Prunus cerasus* L.: neophyte, ergasiophygophyte
 693. *Prunus fruticosa* Pall.: native
 694. *Prunus padus* L.: native
 695. *Prunus serotina* Ehrh.: neophyte, ergasiophygophyte
 696. *Prunus spinosa* L. subsp. *dasyphylla* (Schur) Domin: native
 697. *Pyrus communis* L. subsp. *communis*: neophyte, ergasiophygophyte
 698. *Pyrus communis* subsp. *pyraster* (L.) Ehrh.: native
 699. *Rosa canina* L.: native
 700. *Rosa majalis* Herrm.: native
 701. *Rosa rugosa* Thunb.: neophyte, ergasiophygophyte
 702. *Rosa villosa* L.: native
 703. *Rubus caesius* L.: native
 704. *Rubus idaeus* L.: native
 705. *Rubus polonicus* Weston (= *R. nessensis* W.Hall): native
 706. *Rubus saxatilis* L.: native
 707. *Rubus scissus* W.C.R. Watson: native
 708. *Sorbus aucuparia* L.: native
- RUBIACEAE
 709. *Asperula tinctoria* L.: native
 710. *Cruciata glabra* (L.) Opiz: native
 711. *Cynanchica pyrenaica* (L.) P. Caputo & Del Guacchio subsp. *cynanchica* (L.) P. Caputo & Del Guacchio (= *Asperula cynanchica* L.): native
 712. *Galium album* Mill.: native
 713. *Galium aparine* L.: native
 714. *Galium boreale* L.: native
 715. *Galium elongatum* C. Presl: native
 716. *Galium mollugo* L.: native
 717. *Galium odoratum* (L.) Scop.: native
 718. *Galium palustre* L.: native
 719. *Galium rivale* (Sm.) Griseb.: native
 720. *Galium uliginosum* L.: native
 721. *Galium verum* L.: native
- RUTACEAE
 722. *Ptelea trifoliata* L.: neophyte, ergasiophygophyte

SALICACEAE

723. *Populus alba* L.: native
 724. *Populus nigra* L.: native
 725. *Populus tremula* L.: native
 726. *Salix acutifolia* Willd.: native
 727. *Salix alba* L.: native
 728. *Salix aurita* L.: native
 729. *Salix caprea* L.: native
 730. *Salix cinerea* L.: native
 731. *Salix euxina* I.V. Belyaeva (= *S. fragilis* auct.): archaeophyte or neophyte, ergasiophytophyte
 732. *Salix* × *fragilis* L. (= *S.* × *rubens* Schrank): neophyte, ergasio-xenophyte
 733. *Salix myrsinifolia* Salisb.: native
 734. *Salix pentandra* L.: native
 735. *Salix purpurea* L.: native
 736. *Salix triandra* L.: native

SANTALACEAE

737. *Viscum album* L.: native
 738. *Thesium linophyllum* L.: native

SAPINDACEAE

739. *Acer negundo* L.: neophyte, ergasiophytophyte
 740. *Acer platanoides* L.: native
 741. *Acer pseudoplatanus* L.: neophyte, ergasiophytophyte
 742. *Acer tataricum* L.: native

SAXIFRAGACEAE

743. *Chrysosplenium alternifolium* L.: native

SCROPHULARIACEAE

744. *Scrophularia nodosa* L.: native
 745. *Scrophularia oblongifolia* Loisel. (= *S. alata* Gilib., *S. umbrosa* Dumort.): native
 746. *Verbascum densiflorum* Bertol.: native
 747. *Verbascum lychnitis* L.: native
 748. *Verbascum nigrum* L.: native
 749. *Verbascum phlomoides* L.: native
 750. *Verbascum phoeniceum* L.: native
 751. *Verbascum thapsus* L.: native

SOLANACEAE

752. *Datura stramonium* L.: neophyte, xenophyte
 753. *Solanum dulcamara* L.: native
 754. *Solanum nigrum* L. subsp. *nigrum*: archaeophyte, xenophyte
 755. *Solanum nigrum* subsp. *schultesii* (Opiz) Wessely.: neophyte, xenophyte

ULMACEAE

756. *Ulmus glabra* Huds.: native
 757. *Ulmus laevis* Pall.: native
 758. *Ulmus minor* Mill.: native
 759. *Ulmus pumila* L.: neophyte, ergasiophytophyte

URTICACEAE

760. *Urtica dioica* L. subsp. *dioica*: native
 761. *Urtica dioica* subsp. *pubescens* (Ledeb.) Domin (= *U. galeopsifolia* Wierzb. ex Opiz): native

VERBENACEAE

762. *Sambucus ebulus* L.: native
 763. *Verbena officinalis* L.: neophyte, xenophyte

VIBURNACEAE

764. *Adoxa moschatellina* L.: native
 765. *Sambucus nigra* L.: native
 766. *Sambucus racemosa* L.: native
 767. *Viburnum opulus* L.: native

VIOLACEAE

768. *Viola arvensis* Murray: archaeophyte, xenophyte
 769. *Viola canina* L.: native
 770. *Viola hirta* L.: native
 771. *Viola mirabilis* L.: native
 772. *Viola odorata* L.: native
 773. *Viola rupestris* F.W. Schmidt: native
 774. *Viola tricolor* L. subsp. *tricolor*: native
 775. *Viola tricolor* subsp. *matutina* (Klokov) Valentine: native
 776. *Viola uliginosa* Besser: native

VITACEAE

777. *Parthenocissus vitacea* (Knerr) Hitchc. (= *P. incerta* (A. Kern.) Fritsch): neophyte, ergasiophytophyte
 778. *Vitis vinifera* L.: neophyte, ergasiophytophyte

Умовні позначки.

імміграційна група:

- а) native – аборигенний таксон,
 б) види чужорідних рослин: archaeophyte – археофіт, neophyte – неофіт;

спосіб занесення:

- а) ergasiophytophyte – ергазіофітофіт (втікач з культури);
 б) xenophyte – ксенофіт,
 в) ergasio-xenophyte – ергазіо-ксенофіт.

Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено видовий склад флори НПП «Залісся», який налічує 778 видів та підвидів судинних рослин, складено анований конспект. Основу дослідженої флори складають представники аборигенної фракції (612 видів і підвидів або 78,7 %), що свідчить про добре збережений рослинний покрив парку. Відносно високий відсоток видів і підвидів адвентивної фракції флори (166 або 21,3 %) вказує на зростаючу її адвентизацію, завдяки суттєвому відсотку неофітів. Сучасні знахідки низки видів, наприклад таких як, *Astragalus arenarius*, *Dactylorhiza sambucina*, *Echium russicum*, *Lycopodium annotinum*, *Orchis sambucina*, *Thesium ebracteatum*, наведені І. Сележин-

ським (1905), які вже на той час були рідкісними, авторами не підтверджені; вони, ймовірно, зникли з дослідженої території.

У подальшому слід проводити моніторинг за різноманіттям флори та, особливо, за видами раритетної та чужорідної фракцій, зокрема а) пошук і підтвердження рідкісних видів, які раніше наводилися, виявлення їх нових локалітетів; б) обстеження чужорідних видів та дослідження їхнього поширення, передусім тих, які знаходяться у стані експансії, наприклад, *Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Amorpha fruticosa*, *Cytisus scoparius*, *Phragmites altissimus*, *Prunus serotina*, *Solidago canadensis*, та становлять загрозу для фіто-різноманіття Парку.

Подяки

Автори вдячні адміністрації НПП «Залісся», зокрема директору Т.І. Когуту та начальнику наукового відділу, канд. біол. наук В.О. Смаголь, за допомогу під час проведення польових досліджень.

References

- Baranskyi, O. R., Kolomiichuk, V. P. (2021). New locations of rare species of «Zalissia» National nature park flora (Kyiv region). *News Biosphere Reserve «Askania Nova»*, 23, 58–63 (in Ukrainian)
- Баранський О. Р., Коломійчук В. П. Нові місцезнаходження рідкісних видів флори національного природного парку "Залісся" (Київська область). *Вісник Біосферного заповідника «Асканія-Нова»*. 2022. Т. 23. С. 58–63.
- Kolomiichuk, V. P., Baranskyi, O. R. (2021). Vegetation of «Zalissia» NPP: first approach. In: *Modern phytobiological studies in Ukraine: Scientific papers devoted to memory of famous phytosozologist, DrSc. Prof. T.L. Andriyenko-Maliuk (1936–2016)*, Iss. 5 / Compl. V.P. Kolomiichuk. Kyiv: Talkom, p. 9–18 (in Ukrainian)
- Коломійчук В. П., Баранський О. Р. Рослинність НПП «Залісся»: перше наближенні. Сучасні фітосозологічні дослідження в Україні: зб. наук. праць з нагоди вшанування пам'яті видатного фітосозолога, д.б.н., проф. Т.Л. Андрієнко-Малюк (1938–2016 рр.). 2021. Вип. 5; упоряд. В.П. Коломійчук. К.: Талком, с. 9–18.
- Kolomiichuk, V. P., Shynder, O. O., Baranskyi, O. R., Shevera, M. V. (2024). Modern flora of vascular plant of the «Zalissia» National Nature Park. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Biology*, 91(1), 26–35 (in Ukrainian)
- Коломійчук В.П., Шиндер О.І., Баранський О.Я., Шевера М.В. Сучасна флора судинних рослин НПП «Залісся». *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Біологія*. 2024. Т. 96, № 1. С. 26–35.
- Kornaś, J. 1968. Geograficzno-historyczna klasyfikacja roślin synantropijnych. *Materiały Zakładu Fitosocjologii Stosowanej Uniwersytetu Warszawskiego*. Vol. 25: 33–41.
- POWO. (2023). Retrieved April 13, 2024, from <https://powo.science.kew.org/>
- Project for the organization of the territory of the «Zalissia» National Nature Park, protection, reproduction and recreational use of its natural complexes and objects (2022) (approved by the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine (Order No. 180 of April 26, 2022). Kurs. (in Ukrainian)
- Проект організації території національного природного парку «Залісся», охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів і об'єктів (2022) (затвердженого Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України (наказ №180 від 26 квітня 2022 р.). Київ: ПРАТ Науково-виробничий комплекс «Курс», 354 с.

Selezhynskiy, I. (1905). About some plants collected in the southern part of the Oster District of the Chernihiv Governorate. *Proceedings of the Botanical Garden of the Imperial Yuryev University*, 7(1), 10–13 (in Russian)

Сележинский И. (1905). О некоторых растениях, собранных в южной части Остерского уезда Черниговской губернии. *Труды Ботанического сада императорского Юрьевского университета*. Т. 7, вып. 1. С. 10–13.

Received: 01.04.2024. Accepted: 10.04.2024. Published: 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Коломійчук В., Шиндер О., Баранський О., Шевера М. Конспект флори судинних рослин Національного природного парку «Залісся». *Biota. Human. Technology*. 2024. №1. С. 19-34.

Cite this article in APA style as:

Kolomiichuk, V., Shynder, O., Baranskyi, O., & Shevera, M. (2024). Checklist of vascular plants flora of the «Zalissia» National Nature Park. *Biota. Human. Technology*, 1, 19-34. (in Ukrainian).

Information about the authors:

Kolomiichuk V. [*in Ukrainian: Коломійчук В.*]¹, Dr.Sc., Associate professor, e-mail: vkolomiychuk@ukr.net
 ORCID: 0000-0001-5767-344X Scopus-Author ID: 56800856300
 Acad. O.V. Fomin Botanical Garden, Taras Shevchenko National University in Kyiv,
 2 Symona Petlyury Street, Kyiv, 01032, Ukraine

Shynder O. [*in Ukrainian: Шиндер О.*]², Dr.Sc., Senior scientific researcher, e-mail: shinderoleksandr@gmail.com
 ORCID: 0000-0003-1146-0873 Scopus-Author ID: 57289591700
 Department of Nature Flora, M.M. Gryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine,
 1 Sadovo-Botanichna Street, Kyiv, 01014, Ukraine

Baranskyi O. [*in Ukrainian: Баранський О.*]³, Ph.D. in Biol. Sc., Senior scientific researcher, e-mail: abaransky@ukr.net
 ORCID: 0000-0002-9808-1990 Scopus-Author ID: 57210796824
 Department of Nature Flora, M.M. Gryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine,
 1 Sadovo-Botanichna Street, Kyiv, 01014, Ukraine

Shevera M. [*in Ukrainian: Шевера М.*]⁴, Ph.D. in Biol. Sc., Senior scientific researcher, e-mail: shevera.myroslav@ukr.net
 ORCID: 0000-0002-1178-0458 Scopus-Author ID: 55401219700
 Department of Systematics and Floristics of Vascular Plants, M.H. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine,
 2 Tereshchenkivska Street, Kyiv, 01004, Ukraine

¹Feld trip (2021–2023), data collection, statistical analysis, manuscript preparation.

²Feld trip (2021–2022), data collection, statistical analysis, manuscript preparation.

³Feld trip (2021), data collection.

⁴Feld trip (2021–2023), data collection, statistical analysis, manuscript preparation.

UDC 58:069.029

Erzsébet Kohut, Anita Szikura, Zoltán Kopor, István Kolozsvári
JÓZSEF SZIKURA BOTANICAL GARDEN



Ержибет Когут, Аніта Сікура, Злотан Копор, Іштван Коложварі
БОТАНІЧНИЙ САД ІМЕНІ ЙОСИПА СІКУРИ

DOI: 10.58407/bht.1.24.3

ABSTRACT

Objective is to study and analyse the history of the creation of the József Szikura Botanical Garden, the results of its scientific, educational and environmental work.

Materials and methods of the study. The collections of the natural flora plants established by Professor József Szikura in 2011 in the village of Velyki Berehy, located 8 km northeast of the city of Berehove, Zakarpattya region were studied.

The main criteria for assessing the plants diversity in the botanical garden were the following: the qualitative and quantitative composition of the collections, their condition, the results of plant propagation, the possibility of repatriating them to natural ecosystems, the effects of research work, and educational activities.

The plant compositions were analyzed, and the species composition of the plots was studied. The role of the botanical garden in preserving the gene pool of flora was also assessed by the qualitative and quantitative composition of the long-lived seed bank. The results of the cultivation and acclimatisation of species of the world flora and the Carpathians have been evaluated since 2012. The evaluation of the results, cultivation and acclimatization of species of the world flora and the Carpathians has been carried out since 2012.

Scientific novelty. For the first time, the compositional and systematic composition of the József Szikura Botanical Garden was analysed in the context of successful solution of problems related to the conservation of plant diversity in artificially created phytocoenoses of Transcarpathia.

Based on the results of the study, an electronic catalogue (EC) of the Bank of long-lived seeds was created for the first time.

Conclusions. According to the results of the inventory analysis, it was determined that the area of 0,82 ha is represented by plants of different natural flora, the taxonomic composition of the collection of which includes 89 families, 468 species, 149 varieties and cultivars.

The most numerous families in the collection are *Amaryllidaceae* J.St.-Hil., *Iridaceae* Juss., *Poaceae* Barnhart, *Caryophyllaceae* Juss., *Lamiaceae* Martinov, *Asteraceae* Giseke, *Cupressaceae* Gray. Three *Allium* L. species and two *Iris* L. species are listed in the Red Data Book of Ukraine. The collection contains plants listed in the IUCN Red List (*Allium* – 5 species, *Iris* – 2 species) and the relict *Syringa josikaea* J.Jacq. ex Rchb.

The analysis of the composition of the Seed Bank showed the following distribution between taxa – 249 species belonging to 47 families.

The József Szikura Botanical Garden effectively combines research work on the study and protection of biodiversity, introduction and acclimatisation, reproduction and efficient use of plants, and functioning as an educational regional centre for the dissemination of ecological and ethnographic knowledge, education and upbringing of the population in the traditions of caring for nature and preserving the cultural heritage of the region.

Key words: biodiversity conservation, introduction, collection of natural flora species, biotechnology, seed bank

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Прослідкувати та проаналізувати історію створення Ботанічного саду імені Йосипа Сікури, результати наукової, просвітницької та природоохоронної роботи.

Матеріали та методи дослідження. Досліджувалися колекції рослин природної флори, закладені професором Йосипом Сікурою у 2011 році на території села Великі Береги, розташованому за 8 км на північний схід від міста Берегове Закарпатської області.

Основними критеріями оцінки різноманітності рослин у ботанічному саду були такі: якісний і кількісний склад колекцій, їх стан, результати розмноження рослин, можливості репатріації їх у природні екосистеми, наслідки виконання науково-дослідних робіт, заходи освітньо-виховного характеру.

Аналізувалися композиції рослин та видовий склад ділянок. Роль ботанічного саду для збереження генофонду рослинного світу оцінена також за якісним та кількісним складом банку насіння з довготривалим терміном зберігання. Проводилася оцінка результатів, культивування й акліматизації видів світової флори та Карпат з 2012 року.

Наукова новизна. Вперше проаналізовано композиційний та систематичний склад ботанічного саду імені Йосипа Сікури у контексті успішного вирішення задач, пов'язаних зі збереженням різноманітності рослин у штучно створених фітоценозах Закарпаття.

На основі результатів дослідження вперше сформовано електронний каталог (ЕК) Банку насіння з тривалим терміном зберігання.

Висновки. За результатами інвентаризаційного аналізу визначено, що на площі 0,82 га представлено рослини різних природних флор, таксономічний склад колекції яких нараховує 89 родин, 468 видів, 149 сортів і культиварів.

Найчисленнішими родинами в колекції є *Amaryllidaceae* J.St.-Hil., *Iridaceae* Juss., *Poaceae* Barnhart, *Caryophyllaceae* Juss., *Lamiaceae* Martinov, *Asteraceae* Giseke, *Cupressaceae* Gray. Три види *Allium* L. та два види *Iris* L. занесені до Червоної книги України. У колекції є рослини, занесені до Червоної книги МСОП (*Allium* – 5 видів, *Iris* – 2 види), та релікт *Syringa josikaea* J.Jacq. ex Rchb.

Аналіз складу Банку насіння показав такий розподіл між таксонами – 249 видів, що належать до 47 родин.

Ботанічний сад імені Йосифа Сікури ефективно поєднує науково-дослідну роботу з вивчення та охорони біорізноманіття, інтродукції та акліматизації, розмноження та ефективного використання рослин та функціонування як освітній регіональний центр поширення екологічних та етнографічних знань, освіти та виховання населення в традиціях дбайливого ставлення до природи та збереження культурної спадщини краю.

Ключові слова: збереження біорізноманіття, інтродукція, колекція видів природної флори, біотехнологія, насінневий банк

Statement of the problem

The conservation of biodiversity is perhaps the most important task facing biological science today. The plant world is an invaluable treasure trove of natural resources that requires careful and respectful treatment. Moreover, among plants, there are some that have survived to the present day from historical times in an unchanged state (relicts); there are others that are found only in a certain limited area and nowhere else on the entire planet (endemics). Some combine these features, i.e. are both relicts and endemics. Certain plants have repeatedly saved people from serious illnesses, and now mankind has identified them as a separate group of medicinal plants. There are groups of ornamental, food, fodder, oilseed, and spinning plants, etc. The list goes on and on, but the task before us is to emphasise once again the responsible and professional approach to preserving and increasing such unique plant resources. These are the tasks of plant introduction (Szikura & Kapustian, 2003).

Each territory on any continent has certain climatic, edaphic, orographic, hydrological and other characteristics. The flora of each region also has individual characteristics. Therefore, the broad task of introduction is to

find out in detail the natural conditions in which the plants of interest to researchers usually grow. It is necessary to have information about the ecological, biological, phenological, biochemical, and other features of these plants. It is also necessary to know all the characteristics of the region where the plants will be transferred. Then researchers can expect a positive outcome of the introduction experiment. Likewise, succeeding in taking effective steps towards the conservation of biological diversity (Komendar, 1988; Szikura & Kapustian, 2001).

In 2011, the Research Centre, named after the world-renowned botanist, ecologist, and doctor of biological sciences István Fodor, was established to conduct a comprehensive monitoring study of the natural resources of Transcarpathia.

On the initiative and direct involvement of Professor József Szikura, a garden with a collection of plants was established in the village of Velyki Berehy, located 8 km north-east of Berehove, Zakarpattya region, in an old rural manor (1898), which now belongs to the Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education. The botanical garden is located among private estates, but it successfully fits the landscape view without

disturbing the overall architectural and landscape ensemble. It is a structural unit of the College and operates as part of the István Fodor Research Centre.

The 21 varieties of cockerels received as a gift from Dr. Milan Blazek, a Czech botanist, marked the beginning of the plant collection, which now includes 468 species. It was assumed that in the future this collection could be used in the educational process, in complex scientific research, for *ex situ* conservation and reproduction of representatives of both other flora and characteristic species of the Transcarpathian flora (Komendar, 1988; Szikura & Kapustian, 2001).

Over time, new plants and seed samples of representatives of the flora of our region from the slopes of the Róna valley, the Pliska and Fekete mountains, the passes of the Ukrainian Carpathians, and plain species appeared. The collection was substantially replenished in 2014, when Dr. József Szikura†, the former

rector of our College, brought a large number of live plants from the National Botanical Garden of Vácrátót (Hungary), the Botanical Garden of the Eötvös Loránd University of Science (Hungary), the Botanical Garden of the University of the Carpathians (Poland), Eötvös Loránd Scientific University (Budapest, Hungary), the M.M. Hryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv), and the O.V. Fomin Botanical Garden of the Taras Shevchenko National University (Kyiv). As a result, we began to work on generative plant propagation. Plots of monocotyledonous and dicotyledonous plants (Fig. 1-2), spicy-aromatic and medicinal plants, memorial trees donated by alumni were established, as well as an arboretum, and a rock garden designed. The number of plants gradually increased in parallel with the gradual expansion of the botanical garden.



Fig. 1. Plots with plants planted (2011-2012)



Fig. 2. Fragments of the collection plots (2023)

The Council of Botanical Gardens and Dendroparks of Ukraine included the collection garden in the RBSDU (2014).

In 2018, by the decision of the Academic Council of the Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, the garden was renamed the Botanical Garden and named after its founder, József Szikura (Fig. 3).

Materials and methods of the study

The collections of the natural flora plants established by Professor József Szikura in 2011 in the village of Velyki Berehy, located 8 km northeast of the city of Berehove, Zakarpattya region were studied.

The main criteria for assessing the plants diversity in the botanical garden were the following: the qualitative and quantitative composition of the collections, their condition, the results of plant propagation, the possibility of repatriating them to natural ecosystems, the effects of research work, and educational activities. Systematic analysis of flora collec-

tions was carried out based on proven approaches (Kuzmishina & Kotsun, 2011).

A compositional and landscape analysis of the territory of the botanic garden based on developments for the M. M. Hryshka National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (Zibnytska et al., 2013). The plant compositions were analyzed, and the species composition of the plots was studied. The role of the botanical garden in preserving the gene pool of flora was also assessed by the qualitative and quantitative composition of the long-lived seed bank. The results of the cultivation and acclimatisation of species of the world flora and the Carpathians have been evaluated since 2012. The evaluation of the results, cultivation and acclimatization of species of the world flora and the Carpathians has been carried out since 2012.

Research results

The current area of the garden is almost four times larger than the original one. Figure 4 shows a modern plan of the Botanical Garden and the location of the plant collections.



Fig. 3. Botanical Garden named after its founder József Szikura

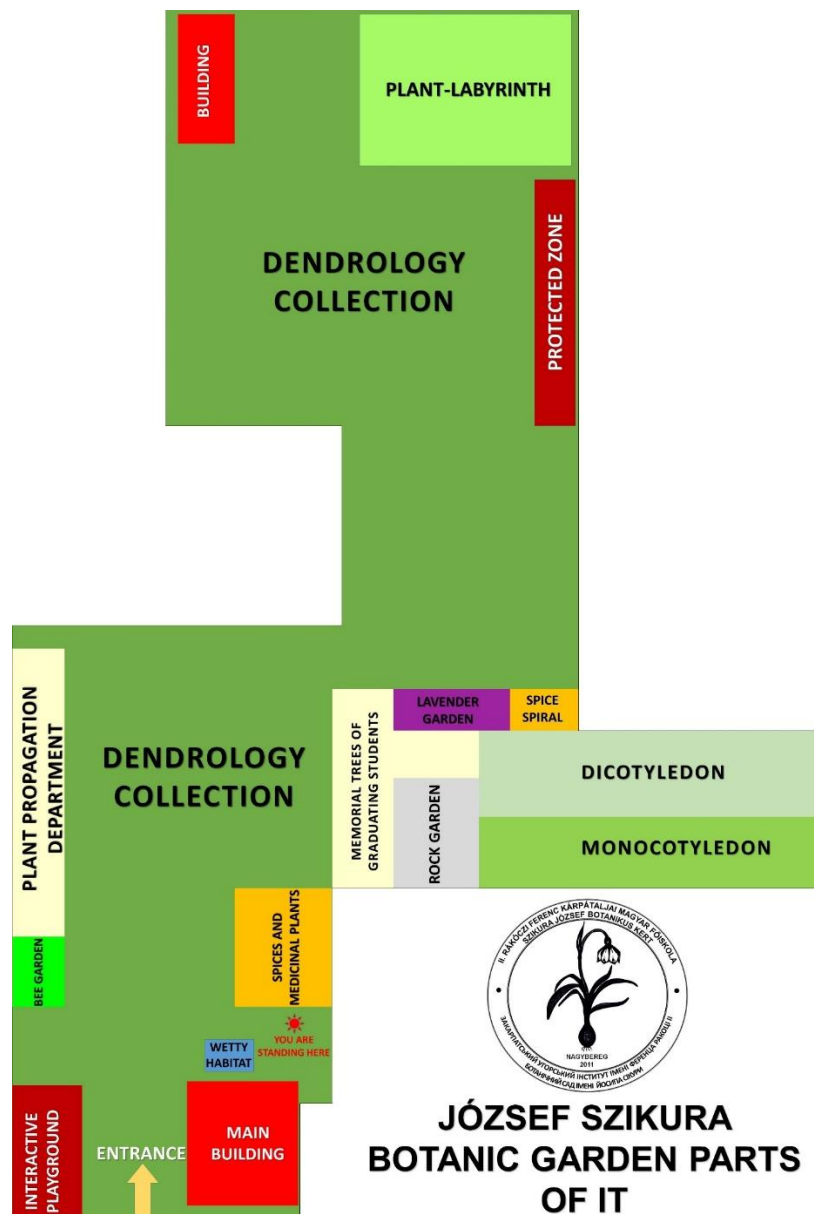


Fig. 4. Territory plan and emblem of the botanical garden

The collection is gradually growing and, accordingly, the tasks are being detailed. Thus, the main tasks of the Botanical Garden include: * preservation and replenishment of collections of the gene pool of living plants of local and world flora in artificial conditions, with a focus on rare and endangered species; * conducting research on the study and protection of biodiversity, introduction and acclimatisation, reproduction and efficient use of plants; * conducting educational and training work on botany, ecology, nature conservation, breeding, plant growing, ornamental gardening and landscape architecture; * creation of a computerised database on the plant collection fund, rare plants of the region, their ecological

and biological features; * ensuring the operation of the regional educational centre for dissemination of ecological and ethnographic knowledge, education and upbringing of the population in the traditions of careful attitude to nature and preservation of the cultural heritage of the region.

The renovated central building of the Botanical Garden officially received the emblem and signboard «Szikura József Botanikus Kert» and «Ботанічний сад імені Йозефа Сікури» in a solemn atmosphere in the presence of the institute's management, many invited honoured guests, colleagues and students (2021) (Fig. 5).



Fig. 5. The main building of the Botanical Garden

The building is designed and equipped with the necessary modern technology to make it convenient to hold both local and international conferences. A spacious conference hall with a permanent exhibition (life and work of famous scientists Lajos Wágner, Antal Margittai, István Fodor, József Szikura) is provided for events.

The office area is a place for meetings, negotiations and scientific discussions. We cooperate with more than twenty partner institutions in Ukraine, Hungary, the Czech Republic and Kazakhstan.

We have a laboratory with special equipment for conducting state-of-the-art

research, including biotechnological experiments with aseptic tissue culture and in vitro plant propagation. Under the leadership of Dr. Kohut E. over the past ten years, we have participated in several international programmes, one of which is «Research on the impact of climate change on snowdrops in the period 2015-2020» (Kezdőlap, 2023) (Fig. 6-7). The programme had a dual purpose: a scientific one, which investigated climate change using plants of the genus *Galanthus* L., and a study of green spots on snowdrop petals to investigate the genus' genetic diversity.



Fig. 6. *Galanthus* colony



Fig. 7. Experiments on seed germination

The educational goal of such programmes is to improve the level of knowledge of secondary school students and develop their long-term strategic thinking. At the same time, a didactic module of inquiry-based learning (IBL) was introduced.

The Seed Bank stores a collection of seeds of plants of the world flora under special conditions (Fig. 8).



Fig. 8. Long-term storage of seeds

The creation of the Seed Bank was initiated by Dr. József Szikura at the time of the opening of the Botanical Garden. The taxonomic analysis of the seed collection showed that today there are 249 species belonging to 47 families. Among them there are rare and endangered species, one relict species – *Syringa josikaea* J.Jacq. Based on the results of the study, an electronic catalogue (EC) of the Bank of Long-Lived Seeds was created for the first time.

According to the results of the inventory analysis, it was determined that the area of 0,82 ha contains plants of different natural flora, the taxonomic composition of the collection of which includes 89 families, 468 species,

149 varieties and cultivars. The most numerous families are: *Amaryllidaceae* J.St.-Hil., *Iridaceae* Juss., *Poaceae* Barnhart, *Caryophyllaceae* Juss., *Lamiaceae* Martinov, *Asteraceae* Giseke, *Cupressaceae* Gray.

The collection, for example, includes 60 taxa of *Allium* L. and 51 taxa of *Iris* L. including 42 species of *Allium* and 30 species of *Iris*. Of these, three *Allium* species (*Allium lineare* L., *A. obliquum* L., *A. ursinum* L.) and two *Iris* species (*Iris graminea* L., *I. sibirica* L.) (Fig. 9) are listed in the Red Data Book of Ukraine (Didukh, 2009).



Allium lineare L.



Allium obliquum L.



Allium ursinum L.



Iris graminea L.



Iris sibirica L.

Fig. 9. *Allium* and *Iris* species listed in the Red Data Book of Ukraine



Iris missouriensis Nutt.



Iris prismatica Pursh.



Allium altynolicum N. Friesen



Allium altaicum Pall.

Fig. 10. *Allium* L. and *Iris* L. species from the IUCN Red List

The taxonomic composition and condition of the coniferous plant collection was analysed in detail. It is located in the Dendrological Collection area (see the plan diagram in Fig. 4). The Conifers collection was established in 2017.

Today we have 22 species belonging to 4 families and 34 cultivars. The latest addition is *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook., which appeared in our collection in 2022 (Fig. 11).



Fig. 11. *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.

In addition to its scientific activities, the Botanical Garden successfully performs an important function of environmental education, especially for schoolchildren and students. We attract visitors and keep their attention with special themed programmes. For example, we hold a Botanical Garden Day every spring. We have prepared an interesting and informative tour along the dendrological trail. A plant labyrinth and an open interactive zone were created.

A small Ethnographic Museum with authentic local exhibits (in the aforementioned old manor) and the active work of the «Tulipán Tanoda» children's school of arts and creativity of the hungarian people play a significant role in this. In general, this combination of diverse scientific research and the support and preservation of folk traditions, including those related to plant motifs, is a unique experience for a botanical institution.

Conclusions

According to the results of the inventory analysis, it was determined that the area of 0,82 ha contains plants of different natural flora, the taxonomic composition of the collection of

which includes 89 families, 468 species, 149 varieties and cultivars.

The most numerous families in the collection are *Amaryllidaceae*, *Iridaceae*, *Poaceae*, *Caryophyllaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae* and *Cupressaceae*. Three *Allium* species and two *Iris* species are listed in the Red Book of Ukraine. The collection includes plants listed in the IUCN Red List (*Allium* – 5 species, *Iris* – 2 species) and the relict *Syringa josikaea* J.Jacq.

The analysis of the composition of the Seed Bank showed the following distribution between taxa – 249 species belonging to 47 families.

In conclusion, the József Szikura Botanical Garden effectively combines research work on the study and protection of biodiversity, introduction and acclimatisation, reproduction and efficient use of plants, and functioning as an educational regional centre for the dissemination of environmental and ethnographic knowledge, education and upbringing of the population in the traditions of caring for nature and preserving the cultural heritage of the region.

References

- Didukh, Ya. (ed.) (2009). *Red Data Book of Ukraine. Plant kingdom*. Globalconsulting. (In Ukrainian)
Червона книга України. Рослинний світ / ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 422 с.
- Kezdőlap. (2023, November 1). Génökölógiai tartamkísérletek Galanthus-okkal. *Fodor István Kutatóközpont*. <https://fodoristvankk.kmf.uz.ua/genokologiai-tartamkiserletek-galanthus-okkal/>
- Komendar, V. I. (1988). Problems of protection of the phytogene pool of the Carpatians. *Ukrainian botanical journal*, 45(1), 1–6. (In Ukrainian)
Комендар В. І. Проблеми охорони фітогеннофонду Карпат. *Український ботанічний журнал*, 1988. Т. 45, № 1. С. 1–6.
- Kuzmishina, S. V. & Kotsun L. O. (2011, December 20–27). *Systematic Analysis of Vascular Plants of the Botanical Garden of Volyn National University (Volyn Region)* [Conference presentation abstract]. Problems and Ways to Solve Them in Science, Transport, Production and Education, Odesa, Ukraine. <https://www.sworld.com.ua/index.php/biology-411/botany-411/11373-411-0590> (In Ukrainian)
Кузьмішина С. В., Коцун Л.О. Систематичний аналіз судинних рослин ботанічного саду ВНУ «Волинь» (Волинська область). *Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2011*: сб. науч. тр.: материалы междунар. науч.-практ. конф., 20–27 декаб. 2011 р. Одесса, 2011. С. 76–77.
- Sikura, J. (2001). *Scientific Basis for Ex Situ Conservation of Plant Diversity*. Ukrainian Phytosociological Center. (In Russian)
Сикура И. И. Научные основы сохранения *ex situ* разнообразия растительного мира. Киев: Украинский фитосоциологический центр, 2001. 191 с.

Sikura, J. & Kapustyan, V. (2003). *The plants Introduction*. Phytosociocenter. (In Ukrainian)
Сікура Й. Й., Капустян В. В. Інтродукція рослин. Київ: Фітосоціоцентр, 2003. 279 с.

Zibnytska, A. D., Pokhylchenko, O. P., Klymenko, Yu. O. Compositional and landscape analysis of the site «Vydubyt'skyi skhyl» (bare-seeded) in the M. M. Hryshko National Botanical Garden of National Academy of Sciences of Ukraine. *Scientific bulletin of the National Forestry University of Ukraine*, (9), 190–197. (In Ukrainian)

Зібницька А. Д., Похильченко О. П., Клименко Ю. О. Композиційно-ландшафтний аналіз ділянки «Видубицький схил» (голонасінні) у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 2013. №9. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_9/190_Zib.pdf (дата звернення: 21.10.2023).

Received: 07.12.2023. **Accepted:** 21.12.2023. **Published:** 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Kohut E., Szikura A., Kopor Z., Kolozsvári I. József Szikura Botanical Garden. *Biota. Human. Technology*. 2024. №1. С. 35-46.

Cite this article in APA style as:

Kohut, E., Szikura, A., Kopor, Z., & Kolozsvári, I. (2024). József Szikura Botanical Garden. *Biota. Human. Technology*, 1, 35-46.

Information about the authors:

Kohut E. [*in Ukrainian: Когут Е.*]¹, Ph.D., Assoc. Prof., email: kohut.erszebet@kmf.org.ua

ORCID: 0000-0002-7614-1606

Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education
6 Kossuth square, Beregszász, Transcarpathia, 90200, Ukraine

Szikura A. [*in Ukrainian: Сікура А.*]², Ph.D., Prof., email: szikura.anita@kmf.org.ua

ORCID: 0000-0002-6474-4821

Fodor István Research Centre, Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education
6 Kossuth square, Beregszász, Transcarpathia, 90200, Ukraine

Kopor Z. [*in Ukrainian: Копор З.*]³, MSc, email: kopor.zoltan@kmf.org.ua

ORCID: 0000-0002-4330-8465

Fodor István Research Centre, Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education
6 Kossuth square, Beregszász, Transcarpathia, 90200, Ukraine

Kolozsvári I. [*in Ukrainian: Коложвари І.*]⁴, Ph.D., Assoc. Prof., email: kolozsvari.istvan@kmf.org.ua

ORCID: 0000-0002-4527-7762

Fodor István Research Centre, Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education
6 Kossuth square, Beregszász, Transcarpathia, 90200, Ukraine

¹ Study design, data collection, manuscript preparation, funds collection

² Study design, data collection, manuscript preparation, funds collection

³ Study design, data collection, manuscript preparation, funds collection

⁴ Study design, data collection, manuscript preparation, funds collection

UDC 582.261/.279(477.51)

Yurii Karpenko, Olha Mekhed, Svitlana Kyriienko
***COSMARIUM RETUSIFORME* VAR. *INCRASSATUM* GUTWIŃSKI**
1890 (*ZYGNEMATOPHYCEAE*, *STREPTOPHYTA*) –
NEW RECORD OF RARE DESMID IN UKRAINE



Юрій Карпенко, Ольга Мехед, Світлана Кириєнко
***COSMARIUM RETUSIFORME* VAR. *INCRASSATUM* GUTWIŃSKI 1890**
(*ZYGNEMATOPHYCEAE*, *STREPTOPHYTA*) –
НОВА ЗНАХІДКА РІДКІСНИХ ДЕСМІДІЄВИХ В УКРАЇНІ

DOI: 10.58407/bht.1.24.4

ABSTRACT

Purpose. Adding a new taxon of the genus *Cosmarium* to the desmids flora of Chernihiv Polesie.

Methodology. The landscape reserve of national significance «Zamglai» is one of the largest eutrophic swamps in the Chernihiv Polesie, which is an important refugium of hydrophilic phytodiversity of the forest zone, a place of concentration of a number of rare species of the boreal group and representatives of various biotic complexes. During the field research of the Zamglai bog complex, algal samples were collected and fixed with 4 % formalin for further study in laboratory conditions; pH and electrical conductivity of water were measured with a portable pH and conductivity meter. Microscopic examination of the samples was carried out using a light microscope equipped with a camera for taking microphotos. Identification manuals and monographs of the leading Ukrainian (Palamar-Mordvintseva, 1986, 2005) and European desmidiologists (Lenzenweger, 1999) were used for species identification. The iconotype provided in the original description of the newly recorded taxon (Gutwiński, 1892) was used.

Scientific novelty. The second record in Ukrainian desmidioflora of a rare taxon from the genus *Cosmarium* is documented. Previously it was discovered 134 years ago (Gutwiński 1890) in the Roztochchia-Opillja mountain region, namely in the vicinity of Lemberg (former Kingdom of Galicia and Lodomeria, a part of the Austro-Hungarian Monarchy – now Lviv, Ukraine). This taxon was found by the authors for the first time in the Ukrainian Polesie (Chernihiv Polesie). Description, cell dimensions and microphotographs in three views are included in this publication.

Conclusions. The description and photographs of the three cell views of the taxon given in the article fill the gaps in the illustrative material of the national reference publications (Palamar-Mordvintseva 1986: 167, fig. 37 item 16) and create better conditions for identification and new records of this taxon in Ukraine. The distribution area of *Cosmarium retusiforme* var. *incrassatum* Gutwiński 1890 has been expanded. The flora of desmids of the Ukrainian Polesie is enriched with a new infraspecific taxon.

Key words: algae, Chernihiv Polesie, *Desmidiaceae*, landscape reserve «Zamglai», peat bogs, quarries

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Доповнення флори десмідієвих водоростей Чернігівського Полісся новим таксоном роду *Cosmarium*.

Методологія. Ландшафтний заказник загальнодержавного значення «Замглай» є одним з найбільших на Чернігівському Поліссі евтрофних боліт, який є важливим рефугіумом гідрофільного фіторізноманіття лісової зони, місцем концентрації ряду раритетних видів бореальної групи та представників різних біотичних комплексів. В ході проведення експедиційних досліджень болотного комплексу «Замглай» були відібрані альгологічні зразки. Вони були зафіксовані 4 % формаліном для подальшого дослідження в лабораторних умовах. рН та електропровідність води визначали портативним приладом. Мікроскопічне дослідження проб здійснювалось за допомогою світлового мікроскопу обладнаного фотокамерою для мікрофотофіксації. Визначники та монографії провідних українських (Паламар-Мордвінцева, 1986, 2005) та європейських десмідіологів (Lenzenweger, 1999) використовувались для визначення видів. Використовували іконотип виду з первісного його опублікування (Gutwiński, 1890, 1892).

Наукова новизна. Друга знахідка в Україні рідкісного таксону роду *Cosmarium*, який був опублікований 134 року тому (Gutwiński, 1890) для Розтоцько-Опільської горбогірної області, а саме, знайдений в околицях м. Лемберг, (колишнє Королівство Галиції та Лодомерії у складі Австро-Угорської Монархії – нині Львів, Україна). Цей таксон нами знайдений вперше для Українського Полісся (Чернігівське Полісся). Розмірні характеристики, опис та мікрофотографії у трьох проєкціях включені до цієї публікації.

Висновки. Опис та фотографії виду доповнюють прогалини в ілюстративному матеріалі вітчизняного визначника (не має видів клітини зверху та збоку) і створюють кращі умови для визначення та повторних знахідок даного таксону в Україні. Уточнено ареал *C. retusiforme* var. *incrassatum* Gutwiński, альгофлора десмідієвих водоростей Українського Полісся збагачена новим внутрішньовидовим таксоном.

Ключові слова: *Desmidiaceae*, водорості, кар'єри, ландшафтний заказник «Замглай», торф'яні болота, Чернігівське Полісся

Introduction

Cosmarium retusiforme var. *incrassatum* Gutwiński 1890 was introduced by outstanding Polish phycologist Roman Gutwiński (1860-1932) who was working on the algal flora of Lemberg city environs (former Kingdom of Galicia and Lodomeria within Austro-Hungarian Monarchy – now Lviv, Ukraine) since 1884. In order to maintain priority, he published preliminary information about some new algae species and varieties from the Lemberg area (Gutwiński, 1890) containing only diagnoses without illustrations of new species, varieties and forms. The manuscript with detailed descriptions and line drawings of the new taxa «On the algae flora of the Lemberg` neighborhood» was submitted to the Physiographical

Commission of the Imperial and Royal Academy of Sciences in Krakow and it was published in 1892. Thus *C. retusiforme* var. *incrassatum* diagnosis was first published in 1890 (Gutwiński, 1890: 69) and the line drawing appeared in 1892. Unfortunately, only one semicell face view of this taxon was presented by the author (Gutwiński, 1892: plate II, fig. 13). This variety was discovered together with the type variety in a small lake near Hołosko (Ukrainian: Голоско, Polish: Hołosko). In the end of 19th century it was a village in Lwów Voivodeship, eastern Poland, before the Nazi German and Soviet invasions of Poland in September 1939. It is now a suburb of Lviv city, Ukraine. This was the only published occurrence of this taxon in Ukraine since 1890 until now (see original drawing in Figure 1).

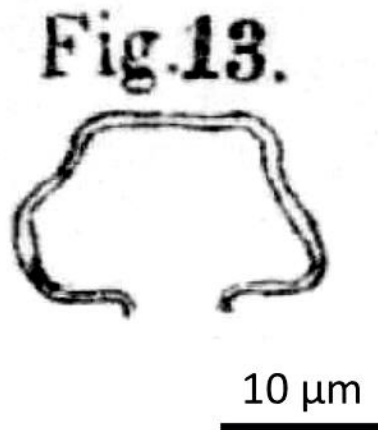


Fig. 1. *Cosmarium retusiforme* var. *incrassatum* original line drawing by R. Gutwiński (1892)

The original drawings with face (front), apical (top) and lateral (side) views of *C. retusiforme* var. *incrassatum* can be found in the publication of Rupert Lenzenweger (1999). The variability of this taxon was illustrated by the author in face views of two cells (Lenzenweger, 1999:175, pl. 52, fig. 9).

The distribution of this taxon in Europe is limited to 4 countries: Austria (Lenzenweger, 1999), Germany (Stutz & Mattern (eds) & al., 2018), Italy (Abdelahad & al., 2003), and Ukraine (Gutwiński 1890, 1892; Petlovany & Tsarenko, 2015; Barinova & al., 2019) according to Algaebase searched on 16 March 2024 (Guiry

& Guiry, 2024) and our additions. Apart of the Europe this variety also known from freshwaters of USA, Brazil, Turkey, Thailand, Russian Federation, and New Zealand (Guiry & Guiry, 2024).

The purpose of the study was adding a new taxon of the genus *Cosmarium* to the desmids flora of Chernihiv Polesie.

Materials and methods

Locality: Landscape reserve of national significance «Zamglai» is the largest swamp at various stages of development, located in Chernihiv district of Chernihiv region, between the villages of Ripki, Zamglai and Lovyn.

A channel nearby the disused peat cutting fields within Zamglai bog complex is situated approximately 5 km from urban village Ripky (Chernihiv district, Chernihiv region, Ukraine, 51°48'15.8"N, 31°11'13.4"E) on the territory of the landscape reserve «Zamglai».

The territories of the landscape reserve «Zamglai» and adjacent to it is a part of the restoration territory «Zamglai» (with an area of 19,633.0 hectares) of the regional eco-network of the Chernihiv region. It is one of the largest eutrophic bogs in the Chernihiv Polesie, and it is a location of mesotrophic complexes in the upper reaches of the Zamglai River. From the point of view of scientific value, the research area is an important refugium of hydrophilic biodiversity of the forest zone, as well as a place of concentration of a number of rare plant

species of the boreal group and representatives of various faunal complexes (Karpenko & Pototska, 2019).

The territory of the wetlands is a system of canals, marshy depressions and elevations of different levels, occupied by different types of vegetation (Fig.2).

Aquatic and coastal-aquatic vegetation is specific, as it is practically absent in natural water bodies, and these types of vegetation are mainly associated with peat quarries, reclamation channels and often represent fragments of groups. Among aquatic communities, *Elodea canadensis* Michx, *Spirodella polyrrhiza* (L.) Schleid most often forms, in between them *Potamogeton natans* L., less often *Hottonia palustris* L. and others were singularly noted.

Dominants of coastal aquatic vegetation occupy shallow areas of quarries and overgrown reclamation channels; there are typical hydrophilic *Carex* species (*Carex elata* All., *C. rostrata* Huds., occasionally *C. pseudocyperus* L.), among rare grasses – *Alisma plantago-aquatica* L., *Iris pseudacorus* Schur, *Rumex hydrolapatum* Huds., and in some places *Bidens cernua* L. and *Valeriana officinalis* L. form thickets.

The algal samples were collected in July 2018, at water temperature of 23.5 °C, pH 7.1–7.3, conductivity 59-60 µS. Figure 2 shows the sampling location.



Fig. 2. Photograph of the sampling site

Ecological variables were measured with EZODO 8200M pocket multimeter (EZODO, Taiwan). Identification was done based on R. Lenzenweger's *Desmidiaceenflora von Österreich* (1999), and Palamar-Mordvintseva (1986). Microphotographs were made with a Canon EOS 1000D digital camera.

Description

The basal angles are raised and sides of semicells rise almost perpendicularly, the upper

corners and the membrane at the apex are thickened (see Figure 3), these are the main differentiating features indicated in the original description by R. Gutwiński (1890, 1892). This taxon has a central chloroplast with one pyrenoid. The size of our observed cells (1 cell was measured) are very close to the dimensions indicated by Gutwiński (1890: 69) and presented in Table 1.

Table 1

Dimensions of *Cosmarium retusifforme* var. *incrassatum* Gutwiński cells as measured by different authors

Dimensional features	Our cells from Zamglai, μm	Gutwiński (1890), μm	Lenzenweger (1999), μm
Length	24.7	24	25-29
Breadth	18.8	19	20-25
Thickness	12.7	-	13-14
Isthmus	7.4	7	7-9
Length / breadth ratio	1.3	-	-

We observed variance within our studied cells (8 cells were observed). The variability of *C. retusifforme* var. *incrassatum* appeared in varying cell dimensions and in different

intensity of the cell wall thickening. The general outline of the cells does not indicate significant variability.

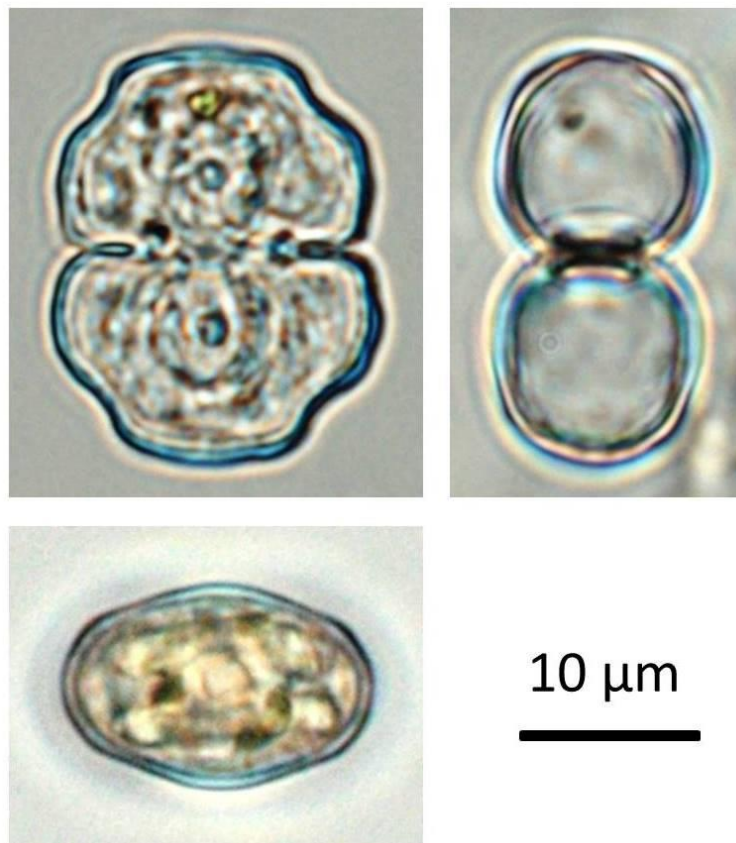


Fig. 3. Morphology of *Cosmarium retusifforme* var. *incrassatum* Gutwiński cells. Microphotographs of the front, apical and lateral view of the cells found in Zamglai bog.

Conclusions

Our publication is the second documentation of *C. retusiforme* var. *incrassatum* in Ukraine in over 130 years of its study. The area of this taxon distribution now includes Ukrainian Polesie (northern part of Ukraine).

We provided pictures of front, lateral and apical views of the Ukrainian material that had only one semicell present in the first publication (Gutwinski, 1892). Detailed description of the cell and its variability, illustrations of front, apical and lateral views of *C. retusiforme* var. *incrassatum* creates a basis for its clear identification and further floristic records.

References

- Abdelahad, N., Bazzichelli, G., & D'Archino, R. (2003). Catalogo delle *Desmidiaceae* (*Chorophyta, Zygnematophyceae*) segnalate in Italia. A checklist of Desmids (*Chlorophyta, Zygnematophyceae*) reported in Italy. *Accademia Nazionale delle Scienze*, 11, 1–102.
- Barinova, S. S., Belous, E. P., & Tsarenko, P. M. (2019). *Algoindication of water bodies in Ukraine: methods and prospects*. University of Haifa Publisher. (in Russian)
- Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2024). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Retrieved March 16, 2024, from https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=137182
- Gutwiński, R. (1890). Zur Wahrung der Priorität. Vorläufige Mittheilungen über neue Algen-Species und -Varietaten aus der Umgebung von Lemberg. *Botanische Centralblatt*, 43, 65–73.
- Gutwiński, R. (1892). Flora glonów okolic Lwowa (Flora algarum agri Leopoldensis). *Sprawozdania Komisji fizjograficznej Akademii Umiejetnosci, Kraków* 27, 1–124.
- Karpenko, Yu., & Pototska, S. (2019). Ecological, floristic and coenotic value of the Zamglai bog complex. *Water Management of Ukraine*, (5-6 (144-145)), 32–38. (in Ukrainian)
Карпенко Ю., Потоцька С. Екологічна, флористична та ценотична цінність Замглайського болотного комплексу. *Водне господарство України*. 2019. № 5-6 (144-145). С. 32–38.
- Lenzenweger, R. (1999). Desmidiaceenflora von Österreich Teil 3. *Bibliotheca Phycologica* 104 (pp. 1-218). J. Cramer.
- Palamar-Mordvintseva, G. M. (1986). Conjugates — *Conjugatophyceae*. Part 2. Desmids – *Desmidiales*. In: *Identification manual of the freshwater algae of Ukrainian RSR*. Issue VIII Part 2. Naukova Dumka. (in Ukrainian).
Паламар-Мордвинцева Г. М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР, вип. 8. Кон'югати – *Conjugatophyceae*. Ч. 2. Десмідієві — *Desmidiales* / Відп. ред. М.М. Голлербах. Київ: Наук. думка, 1986. 320 с.
- Palamar-Mordvintseva, G. M. (2005). *Flora of algae in continental water bodies of Ukraine. Desmid algae*. Part 2: Desmidiaceae. *Akademperiodica*. (in Ukrainian).
Паламар-Мордвинцева Г. М. Флора водоростей континентальних водойм України: Десмідієві водорості. Вип. 1, ч. 2 *Desmidiaceae*. Київ: Академперіодика, 2005. 578 с.
- Petlovany, O. A., & Tsarenko, P. M. (2014). *Desmidiales*. In P. M. Tsarenko, S. P. Wasser, & E. Nevo (Eds.), *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Volume 4: Charophyta* (pp. 61-448). Koeltz Scientific Books.
- Stutz, S., & Mattern, H. (Eds.), Helisch, H., Hennecke, M., Kull, U., Mareš, J., Probst, W., Schütz, W., Simon, T., Täuscher, L., & Ullmann, J. (2018). *Beiträge zu den Algen Baden-Württembergs. Band 1 Allgemeiner Teil. Spezieller Teil: Cyanobacteria, Glaucobionta, Rhodobionta und Chlorobionta p.p.* (pp. [1]-504). Verlag Manfred Hennecke.

Received: 31.03.2024. Accepted: 12.04.2024. Published: 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Karpenko Yu., Mekhed O., Kyriienko S. *Cosmarium retusiforme* var. *incrassatum* Gutwiński 1890 (*Zygnematophyceae, Streptophyta*) – new record of rare desmid in Ukraine. *Biota. Human. Technology*. 2024. №1. С. 47-52.

Cite this article in APA style as:

Karpenko, Yu., Mekhed, O., & Kyriienko, S. (2024). *Cosmarium retusiforme* var. *incrassatum* Gutwiński 1890 (*Zygnematophyceae, Streptophyta*) – new record of rare desmid in Ukraine. *Biota. Human. Technology*, 1, 47-52.

Information about the authors:

Karpenko Yu. [*in Ukrainian: Карпенко Ю.*] ¹, Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: yuch2011@i.ua
ORCID: 0000-0002-1703-8473 Scopus-Author ID: 57225225632
Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Mekhed O. [*in Ukrainian: Мехед О.*] ², Ph.D. in Biol. Sc., Dr. of Pedagog. Sci., professor, email: mekhedolga@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9485-9139 Scopus Author ID: 6506181994
Department of Biology, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Kyriienko S. [*in Ukrainian: Кирієнко С.*] ³, Ph. D.in Biol. Sc., Assoc.Prof., email: vettavl@ukr.net
ORCID: 0000-0002-2960-8656
Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

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

² Manuscript preparation.

³ Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation.

UDC 502.211:582(477.85-751.2)

Тетяна Морозова

**ФЛОРИСТИЧНІ, ТАКСОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГО-ІНДИКАТОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
УРОЧИЩ ВИЖНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ**

Tetiana Morozova

**FLORISTIC, TAXONOMIC AND ECOLOGICAL-INDICATOR CHARACTERISTICS
OF THE TRACTS OF VYZHNYTSIA NATIONAL NATURE PARK**

DOI: 10.58407/bht.1.24.5

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Проаналізувати фітоценози національного природного парку «Вижницький» для з'ясування екотопологічних характеристик, здійснити структурний аналіз та порівняльну синфітоіндикаційну оцінку.

Методологія досліджень базувалася на камеральних та польових дослідженнях, матеріали зібрано із використанням геоботанічних методів. Таксономічну структуру аналізували за родинами, класами, відділами згідно з систематичними класифікаціями. Синтаксони ідентифікували, використовуючи Український геоботанічний сайт. Аналіз екологічної структури в здійснювали із застосуванням екологічних шкал.

Наукова новизна. Висвітлено результати вивчення флоро-фітоценотичної різноманітності урочищ національного природного парку Вижицький. Здійснено комплексне дослідження флоронаселення. Розкрито основні аспекти фіторізноманіття, звертаючи увагу на таксономічний, екологічний та географічний аспекти. Встановлено особливості флористичного складу залежно від гідротопу, трофотопу та характеристик ґрунту, виявлено головні чинники біотопів *Picea* і *Abies* (*Abies* and *Picea woodland*) (G3.1), що дозволяє зрозуміти взаємозв'язки між рослинами та оселищем і сприяє більш глибокому розумінню функціонування екосистеми.

Висновки. Досліджено видове, таксономічне та екологічне різноманіття рослин національного природного парку «Вижницький». Показано, що основу флористичного складу за відношенням до гідротопу утворюють рослини свіжих та вологих лучних екотопів з повним промочуванням і тимчасовим надмірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту опадами та талими водами. За відношенням до трофотопу виявлено переважання рослин слабо-кислих ґрунтів, за відношенням до вмісту азоту у ґрунті – гемінітрофілів, а за забезпеченістю ґрунтів солями – семіевтрофів. На основі аналізу нішових полів і нішових просторів виявлені головні лімітуючі чинники: для кліматопу – термічний режим і вологість клімату; для едафотопу – водний і сольовий режими ґрунтів.

Ключові слова: фіторізноманіття, нішові поля, флористичний склад біотопів, національний природний парк «Вижницький»

ABSTRACT

Purpose of the work. To analyze the phytocenoses of the Vyzhnytsky National Nature Park in order to the ecotopological characteristics, to carry out a structural analysis and a comparative synphytoindication assessment.

Methodology research was based office and field research, the materials were collected using geobotanical methods. The taxonomic structure was analyzed by families, classes, divisions and phyla according to systematic classifications. The syntaxa were identified using the Plant Communities Identifier and the Ukrainian Geobotanical Website. The analysis of the ecological and biomorphic structure was carried out according to generally accepted methods.

Scientific novelty. A comprehensive study of the plant composition of the tracts of the Vyzhnytsky National Nature Park of a representative ecosystem was carried out. The main aspects of biodiversity are revealed, paying attention to the taxonomic, ecological and geographical aspects. The features of the floristic composition depending on

the hydrotope, trophotop and soil characteristics are established, the main factors that limit the distribution of plants in this ecosystem are identified. This approach allows for an understanding of the relationships between plants and the environment and contributes to a deeper understanding of ecosystem functioning.

Conclusions. The species, taxonomic and ecological diversity of plants of the Vyzhnytsky National Nature Park as a reference and representative ecosystem is studied. It's shown that the basis of the floristic composition in relation to the hydrotope is formed by plants of fresh and moist meadow ecotopes with complete soaking and temporary excessive moistening of the root layer of the soil by precipitation and melt water. In relation to trophotop, the predominance of plants of mildly acidic soils was revealed, in relation to the nitrogen content in the soil – heminitrophils, and in terms of the supply of soils with salts – semieutrophs. Based on the analysis of niche fields and niche spaces, the main. The limiting factors were: for climatope – the thermal regime and humidity of the climate; for edaphotope – the water and salt regimes of soils.

Key words: phytodiversity, niche fields, floristic composition of biotopes, Vyzhnytsky National Nature Park

Постановка проблеми

У контексті зростаючої ролі еколого-економічного менеджменту виникає проблема збереження, відновлення та раціонального використання природно-заповідних територій і об'єктів (Palinchak et al., 2017). Збереження біорізноманіття передбачає збереження природного середовища для блага людського суспільства. Негативні чинники, такі як зміна клімату, забруднення та інші, впливають на популяції багатьох видів, особливо рідкісних чи зникаючих, і потребують ретельного контролю та управління. Дослідження рослинного покриву Буковини велося австрійськими, румунськими, польськими і українськими ботаніками, включаючи територію, що зараз є Національним природним парком «Вижницький». Інформацію про флору та знахідки окремих видів у цьому регіоні можна знайти у працях Ф. Гербіха, Ж.-А. Кнаппа, А. Прокопіану-Прокоповича, Й. Пачоського та Х. Запаловича, І.В. Артемчук, Р.О. Березівська, З.Н. Горохова та Т.І. Солодкова, С.М. Стойко та З.С. Заець, Т.Л. Андрієнко та інших авторів (Onishchenko and Andrienko, 2012). У різний час в різних публікаціях надавалась інформація про рослинний світ парку, включаючи рідкісні види, відмічені І.І. Чорнеєм та іншими. Робота П.М. Устименка з картою рослинності національного природного парку (НПП) «Вижницький» є важливим доповненням, яке може використовуватися для моніторингу змін у рослинному покриві.

Матеріали та методи дослідження

Фактологічною основою слугували матеріали зібрані під час досліджень геоботанічних аналізів (Yakubenko et al., 2018; Lukash et al., 2023). Синтаксони ідентифікували, використовуючи визначник рослинних угруповань (Matuszkiewicz, 2019) та

Український геоботанічний сайт (Ukrainian geobotanical website, n.d.). Назви синтаксонів союзів й вище наведені за Mucina et al. (2016). Назви таксонів наведені за даними *International Plant Names Index* (<https://ipni.org/>) та World Flora Online (WFO, 2023). Опис фітоценозів НПП «Вижницький» проводили за даними науковців (Chorney et al., 2005; Sytschak, 2015). Созологічну оцінку здійснювали на підставі аналізу гербарію НПП «Вижницький» та гербарію Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича, даних, наявних в літературних джерелах і власних польових досліджень. Екологічну оцінку видів здійснювали із застосуванням екологічних шкал (Didukh, 2012). Екологічну пластичність видів до екологічних факторів здійснювали застосовуючи методику Жукової Л.А. Види розподіляли за фракціями за градацією: СВ – 0,01-0,33; ГСВ – 0,34-0,44; МВ – 0,45-0,55; ГЕВ – 0,56-0,66; ЕВ – 0,67-1,00

Результати та їх обговорення

НПП «Вижницький» знаходиться в низькогірній частині Карпат, охоплює ландшафти низькогірної зони Буковинського сектора Скибових Карпат з мішаними та хвойними лісами і ділянками вторинних лук. Територія розділена між басейнами Черемошу та Сірету. Східна, сіретська частина характеризується меншою рельєфною виразністю, широкими долинами, меншою кількістю геологічних відслонень і більшою кам'янистістю. Клімат є помірно континентальним з вологим літом і м'якою зимою. Зимою на північних схилах зазвичай лежить стійкий сніговий покрив, а на південних – менше снігу. Вплив перпендикулярних гірсько-долинних вітрів збільшує кількість опадів і загальні збурення атмосфери. Ґрунтовий покрив різноманітний, що

обумовлено геоморфологічними та кліматичними особливостями території. Кількість опадів висока (від 800 до 1200-1600 мм), волога у ґрунтах зберігається на нормальному рівні. Поширені різні типи ґрунтів, такі як бурі гірсько-лісові, дерново-буро-земні та інші.

За геоботанічним районуванням України (Institute of Geography..., n.d.) територія знаходиться в Мармаросько-Чорногірсько-Свидовецькому окрузі Східнокарпатської підпровінції Карпатсько-Альпійської гірської провінції. Флористичне багатство ландшафтів парку зумовлене його розташуванням на межі двох геоботанічних районів. Тут найбільш поширені темнохвойні ліси неморального типу, особливо угруповання формації ялиці білої (*Abieta albae*). Чисті ялицеві деревостани зустрічаються рідко. Більшість території парку вкрита ялицево-буковими та буково-ялицевими лісами, іноді з домішками інших видів. В сприятливих для росту умовах ялиця формує деревостани з домішкою супутніх видів (*Fagus sylvatica*, *Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Carpinus betulus* та ін.) незначна (Chorney et al., 2005), представлені асоціаціями: *Abietum (albae) oxalidosum (acetosellae)*; *A. majanthemosum (bifolii)*; *A. mercurialidosum (perennis)*; *A. galiosum (odorati)*. У складі травостою присутні неморальні, монтанні та бореальні види.

Лучні угруповання в НПП «Вишницький» хоча й не великі за площею, проте мають різноманітність у ценозах. Вони виникли на місці вирубаних лісів та використання земель для сінокосів та пасовищ. Тут спостерігається яскравий травостій та різноманіття видів. Вологий клімат Карпат з нежарким літом та м'якою зимою сприяє швидкому залуженню післялісових ділянок. Під лучною рослинністю буроземні ґрунти, трансформуються в дерново-буроземні через дерновий процес. Найбільш поширені угруповання формацій костриці червоної (*Festuceta rubrae*) та мітлиці тонкої (*Agrostideta tenuis*), які формуються на місці свіжих і вологих типів лісу. Найбільше видове різноманіття властиве для угруповань, приурочених до карбонатних ґрунтів з нейтральною або слаболужною реакцією.

Еколого-індикаторні характеристики урочищ НПП «Вишницький». На території урочища Стіжок ростуть рослини класу

Asplenieta trichomanis, формуючи угруповання на скелях та виступах силікатних кам'яних брил гори Стіжок. Ці угруповання приурочені до північно-східних схилів гори на висоті 784 метри над рівнем моря і зустрічаються у лісових ценозах. У складі цих угруповань присутні лісові види, такі як *Oxalis acetosella* L., *Galium odoratum* (L.) Scop., *Carex digitata* L., *Salvia glutinosa* L., *Galeobdolon luteum* (L.) L., *Mycelis muralis* (L.) E. Mey та ін. На північно-західних схилах спостерігаються угруповання *Brachypodium pinnatum-Trifolium pannonicum* (проективне покриття 80-100 %), де домінує *Brachypodium pinnatum*. Перший підярус складають злаки, а другий та третій – різнотрав'я. Угруповання містять діагностичні види підсоюзу *Polygalo-Cynosurenion: Trollius europaeus* L., *Hypericum maculatum* Cratz, *Trifolium pannonicum* Gascq, *Carlina acaulis* L., *Carex pallescens* L., *Astrantia major* L., *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br., *Trifolium montanum* L., *Traunsteinera globosa* (L.) Rchb., *Polygala vulgaris* L. Присутність та достатня щільність у рослинному покриві ценозів узлісних видів класу *Trifolio-Geranietaea (Trifolium alpestre* L., *Betonica officinalis* (L.) Trevis, *Cruciata glabra* (L.) Opiz, *Filipendula vulgaris* Moench, *Pimpinella saxifraga* L., *Veronica chamaedrys* L., *Galium verum* L., *Campanula persicifolia* L., *Primula elatior* (L.) Hill, *Fragaria vesca* L., *Viola elatior* Fr., *Melampyrum nemorosum* L.) засвідчує, що угруповання приурочені до післялісових ділянок з-під букових і ялицево-букових лісів. У складі угруповань виявлено рідкісні види: *Galanthus nivalis* L., *Colchicum autumnale* L., *Lilium martagon* L., *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch., *Gymnadenia conopsea* (L.) R.Br., *Listera ovata* (L.) R.Br., *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Traunsteinera globosa* (L.) Rchb., та види, які потребують охорони *Scorzonera humilis* L. і *Crepis praemorsa* L.

На території урочища Стебник угруповання прибережно-водної рослинності класу *Phragmiti-Magnocaricetea* ростуть у перезволожених субстратах слабопроточних неглибоких канавах та вздовж потоків. Такі угруповання представлені асоціацією *Typhetum latifoliae*, виявленою на мілководді озера біля бази відпочинку НПП, в урочищі Стебник. Загальне проективне покриття становить 100 %, а проективне покриття домінанта *Typha latifolia* L. складає 70-80 %. У цих угрупованнях також можна знайти

Lycopus europaeus L., *Mentha longifolia* (L.) Huds., решта видів трапляються поодинокі. Угруповання належить до союзу *Phragmition communis* порядку *Phragmitetalia* класу *Phragmiti-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

На території НПП «Вижницький» угруповання класу *Molinio-Arrhenatheretea*, які формуються на місці зведених лісів під дією антропогенного впливу (щорічне сінокосіння, помірний випас худоби), представлені двома союзами: *Calthion* і *Cynosurion*. Угруповання союзу *Calthion* поширені, але не займають великих площ. Асоціація *Scirpetum sylvatici* з переважанням *Scirpus sylvatica* L. (70-80 %), з проективним покриттям до 5 % у ценозі ростуть *Juncus effusus* L., *Juncus inflexus* L., *Mentha longifolia* (L.) Huds., *Myosotis palustris* L., *Polygonum hydropiper* L., *Ranunculus acris* L., *Ranunculus repens* L. Ця асоціація приурочена до знижених обводнених місць урочища Стебник і має загальне проективне покриття 100 %. Щодо асоціації *Cirsietum rivularis*, яка росте на вологих луках в долині р. Стебник, домінує *Cirsium rivulare* (Jacq.) All. (60 %), субдомінантом є *Lysimachia vulgaris* L. (10 %). Проективне покриття до 5 % характерно для таких видів як *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Myosotis palustris* L., *Mentha longifolia* (L.) Huds., *Ranunculus acris* L., *Lathyrus pratensis* L., *Betonica officinalis* (L.) Trevis, решта видів трапляється поодинокими особинами. Загальне проективне покриття становить 100 %. Виявлено 45 видів, включаючи рідкісні, занесені до Червоної книги України (2009) видів: *Colchicum autumnale* L., *Dactylorhiza majalis* (Rchb.) P.F.Hunt & Summerth, *Gladiolus imbricatus* L. На вологих місцях у долині річки Стебник виявлено угруповання з переважанням у *Eriophorum polystachyon* Honck. У складі ценозу 41 вид. Проективне покриття 80 %. Угруповання характеризується видами порядку *Molinietalia caeruleae*, також присутні види класу *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*. Рідкісні види, занесені до Червоної книги України (2009) – *Colchicum autumnale* L., *Dactylorhiza majalis* (Rchb.) P.F.Hunt & Summerth, *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Gymnadenia conopsea* (L.) R.Br.

Флористичний аналіз флори урочища Славець виявив угруповання асоціації *Epilobio-Juncetum effusi* Oberd. 1957, знаходяться на знижено-рівнинних лучних ділянках

вздовж дороги по трасі Берегомет – Вишніця (Славецьке л-во, кв. 18). Домінує *Juncus effusus* L. Проективне покриття становить 80 %. Кількість видів у ценозі – 35. Фітоценоз характеризується блоком видів порядку *Molinietalia caeruleae*, також присутні види порядку *Arrhenatheretalia*. Присутність стійких до витоптування видів класу *Polygono arenastri-Poëtea annuae* Rivas-Martinez et al. 1991 (*Bellis perennis* L., *Daucus carota* L., *Argentina anserine* (L.) Rydb., *Taraxacum officinale* F. Web. Ex Wigg.), спостерігається в ценозі, а також адвентивний вид *Sisyrinchium montanum* Greene, що свідчить про антропогенні впливи. У смерекових лісах (зімкненість крон 0,6–0,9) переважає *Picea abies* L., висотою 23–25 м, діаметром 30–40 (до 50 см). У підрості росте *Abies alba* Mill, *Sorbus aucuparia* L., *Carpinus betulus* L. У чагарниковому ярусі (зімкненість 0,4–0,7) домінує *Rubus hirtus* Waldst.&Kit, трапляється *Rubus idaeus* L., *Sambucus nigra* L. У трав'яному ярусі виявлено *Vaccinium myrtillus* L., *Luzula luzuloides* (Lam) Dandy & Wilmott, *Mycelis muralis* (L.) E. Mey, *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P.Fuchs, *Oxalis acetosella* L., *Hieracium sylvularum* Jord ex Boreau. Рослини віднесено до асоціації *Abieti-Piceetum montanum* (Chorney et al., 2005).

У лісовому масиві (Славецьке л-во, кв. 18) ялиновий ліс з *Quercus rubra* L. домінуванням у другому ярусі деревостану Ценози з одноярусним одновіковим деревостаном з *Quercus rubra* L. приурочені до середньої частини схилу західної експозиції (h = 653 м н.р.м). Чагарниковий ярус представлений *Rubus hirtus* Waldst.&Kit, *Sambucus nigra* L., *Corylus avellana* L., трав'яний ярус – типовими видами букових лісів (*Galium odoratum* (L.) Scop., *Dentaria glandulosa* O.Schwarz, *Dentaria bulbifera* (L.) Crantz, *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Mercurialis perennis* L., *Galeobdolon luteum* (L.) L., *Actaea spicata* L.) з домішкою ацидофільних видів, характерних для темнохвойних лісів (*Oxalis acetosella* L., *Majanthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt).

Синфітоіндикаційна оцінка урочищ НПП «Вижницький». Національні природні парки виступають репрезентативними еталонами біорізноманіття. Аналіз фітоценозів НПП «Вижницький» показав різноманітність видів, що належать до різних класів і відділів. Найпоширенішими є рослини з відділу *Magnoliophyta* з особливим пріоритетом

Liliopsida та *Magnoliopsida*. Найчастіше зустрічаються родини *Poaceae* та *Asteraceae*. Варто відзначити, що видове різноманіття залежить від кліматичних, едафічних,

екологічних та історичних умов. Найбільшим видовим багатством характеризуються урочища Стіжок та Стебник, найменшим – Сухий (рис. 1).

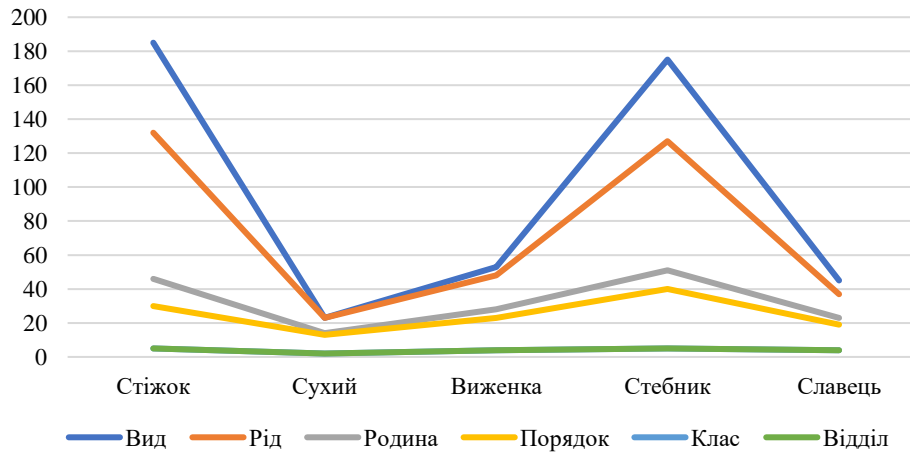


Рис. 1. Таксономічна структура фітоценозів урочищ НПП «Вижицький»

Флористичний аналіз виявив різноманітність у кількості та складі родин (рис. 2): урочище Сухий має 14 родин, більшість з яких представлені лише одним видом, лише в тут виявлено представників родини *Lythraceae*; Урочище «Виженка» відрізняється більшою кількістю родин – 28, які налічують 99 видів. Найбільш численні родини *Poaceae* (13) та *Asteraceae* (11); Урочище Стебник має найбільшу чисельність родин – 51. Найчисленніші *Asteraceae* та *Poaceae* (по 16 видів кожна). Лише в даному урочищі наявні представники родин *Araliaceae*, *Cactaceae*, *Dipsacaceae*, *Ericaceae*, *Sparganiaceae* та *Thymelaeaceae*. У сучасній флористиці значна увага приділяється десятком провідним родинам, які є основою спектру родин (Lavrov et al., 2021). В урочищі Стіжок першість серед них належить *Poaceae*

(20 видів; 11%), яка є типовою для більшості флори Голарктики і України (Protopopova et al., 2010). Друге місце посідає родина *Asteraceae* (19 видів; 11%), що свідчить про трансформацію трав'яного ярусу. Третю позицію займають родини *Rosaceae*, *Ranunculaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae* (9-12 видів), а також *Caryophyllaceae*, *Scrophulariaceae*, *Rubiaceae*, *Cyperaceae* (7 видів), *Orchidaceae* (6 видів), та *Campanulaceae* (4 види). Інші родини представлені лише одним видом. Лише в цьому урочищі виявлено представників родин *Amaryllidaceae*, *Aspleniaceae*, *Solanaceae* та *Tiliaceae*. У десятку провідних родин увійшли *Ranunculaceae* та *Cyperaceae*, які свідчать про належність до бореальних флор (Shelyah-Sosonko et al., 2002).

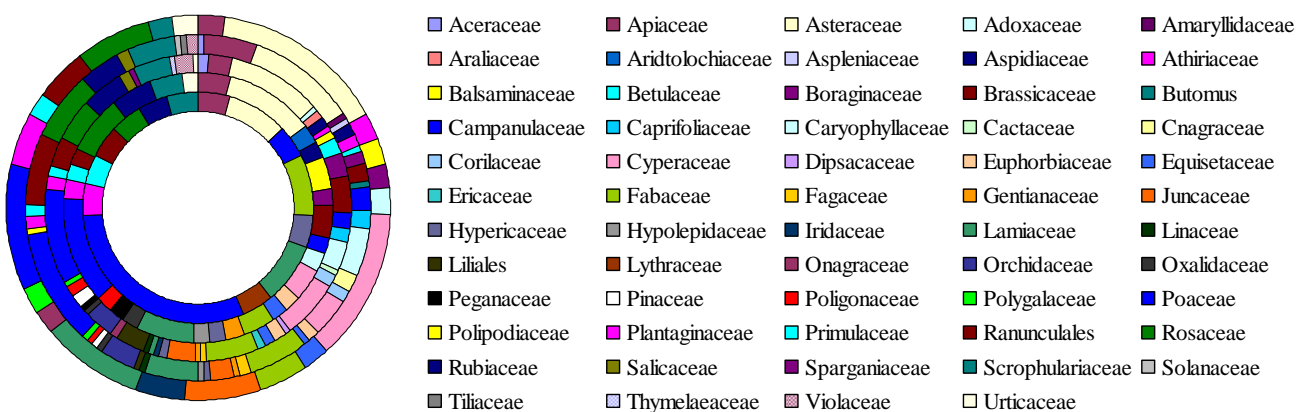
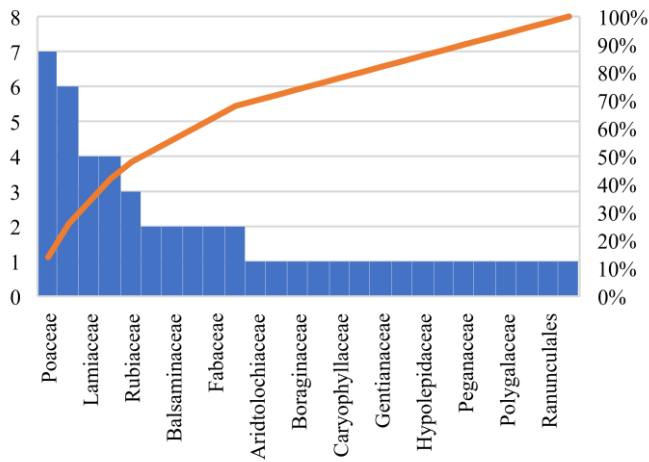


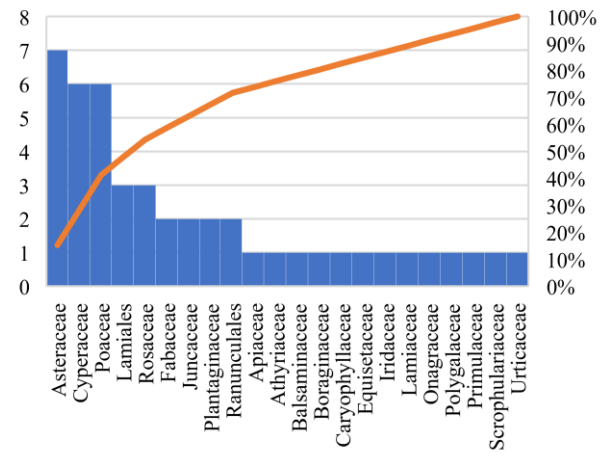
Рис. 2. Спектр родин НПП «Вижицький»: Позначення від центру: урочища Сухий, Виженка, Стебник, Стіжок, Славець

В урочищі Славець знайдено 22 родини рослин. Найбільш численними є *Asteraceae* (7 видів), *Poaceae* та *Cyperaceae* (6 видів), *Lamiaceae*, *Rosaceae* (3 види). *Cyperaceae* представлена одним родом, але шістьма видами, *Ranunculales* – одним родом, двома видами, *Rubiaceae* – двома родами та сімома видами, *Juncaceae* – двома родами та п'ятьма видами, *Betulaceae*, *Campanulaceae* – двома

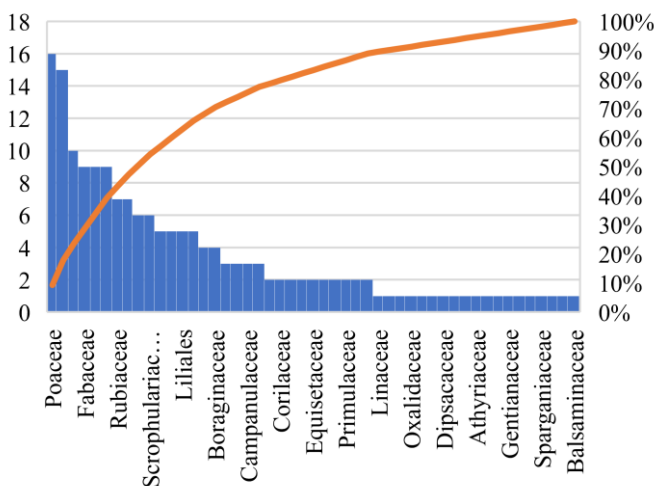
родами та трьома видами *Violaceae* – одним родом та трьома видами, решта родин представлені одним видом, решта родин представлена по одному виду. Урочище Сухий представлено 14 родинами (рис. 3): *Poaceae* (7 видів), *Asteraceae*, *Fabaceae* та *Lamiaceae* представлені двома видами, решта – одним видом.



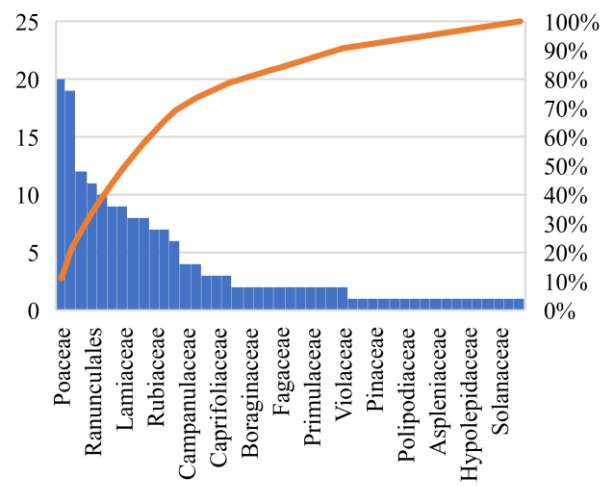
урочище Виженка



урочище Славець



урочище Стебник



урочище Стіжок

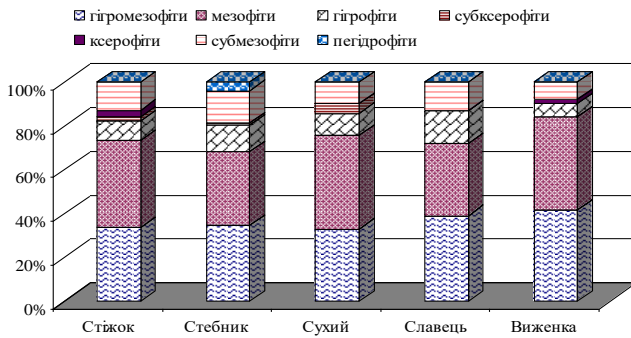
Рис. 3. Таксономічна структура фітоценозу

Концепція екоморф-біоморф, розроблена Акімовим (1948) і Бельгардом (1950), базується на методології екологічних матриць, яка дозволяє аналізувати різноманіття, структуру та стійкість угруповань (Zhukov, 2010, 2015). Теорія екологічної ніші забезпечує основу для застосування біоіндикації для оцінки середовища на основі видового складу угруповань (Wagner et al., 2007; Szymura et al., 2014). Фітоіндикаційні шкали використовуються як релевантні ілюструючі маркери для

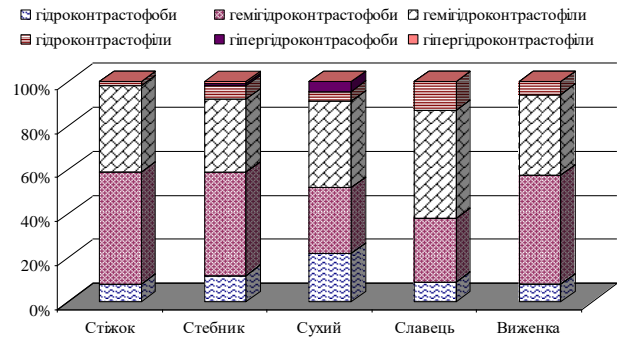
вивчення флори (Otúrková, 2009; Morozova, 2012) та оцінки екологічних ризиків (Zhukov, 2015). В.В. Лавров та ін. (2021) вважають, що середні значення фітоіндикаційних шкал можуть бути робастними показниками за умов неповноти списку видів у рослинному угрупованні. Це пояснюється тим, що вони тісно пов'язані з основними структурними характеристиками угруповання, зокрема з доміантною структурою. Фітоіндикаційні шкали відображають різноманіття взаємо-

зв'язків між рослинами та чинниками середовища, що впливають на структуру угруповання. Це надає основу для оцінки екологічних умов на основі інтегрування аутоекологічних особливостей аналізу властивостей рослин.

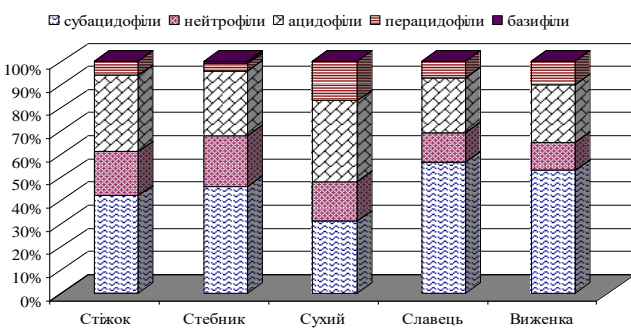
Аналіз видів за відношенням до водного режиму показав, що основу флористичного складу за відношенням до гідротопу утворюють *мезофіти* (рис. 4), частка *субмезофітів* – 8-15 %, *гігрофітів* – 6-15 %.



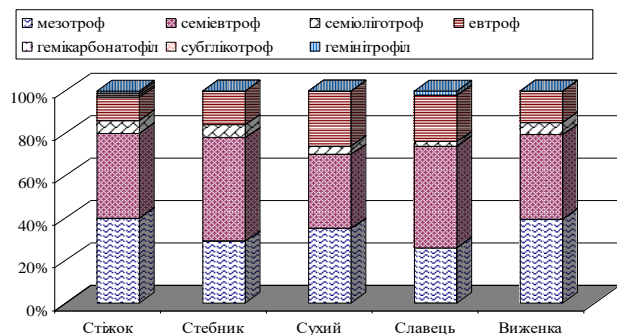
за відношенням до вологості ґрунту



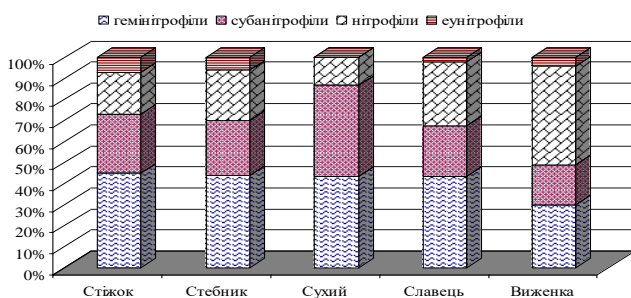
до змінності зволоження ґрунту



до кислотного режиму ґрунту



до сольового режиму ґрунту



до вмісту азоту у ґрунті

Рис. 4. Спектр екологічних груп фітоценозів НПП «Вижницький» за відношенням до трофотопу та едафотопу

Представники *субксерофітів* відсутні в урочищах Славець та Виженка, *ксерофіти* виявлені в урочищах Стіжок та Виженка. Представники такої унікальної екологічної групи для даної території *негідрофіти* виявлені лише в урочищі Стебник.

Відмічено переважання свіжих та вологих лучних екотопів з повним промочуванням та тимчасовим надмірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту опадами та талими водами ($W_{пр} = 100-180$ мм). *Гемігідроконтрастофоби* переважають у спектрі екологічних груп за відношенням до змінності зволоження. В урочищах Славець та Виженка відсутні *гіпергідроконтрастофоби*. В урочищі Стебник виявлено

рослини сухих напівпустельних та пустельних екотопів. Кислотний режим залежить від характеристик ґрунту, зокрема від рН та хімічного складу ґрунту, ґрунтовірних порід і типу рослинності. Переважають рослини слабо-кислих ґрунтів (рН 5,5-6,5), *субацидофіли*, представники *базифілів* виявлені лише в урочищі Стебник. Загальний сольовий режим є важливою характеристикою ґрунтів, оскільки впливає на процеси ґрунтоутворення і визначає адаптацію рослин (галійність). *Гемінітрофіли* виявлені в урочищах Славець та Стіжок, *субглікотрофи* виявлені лише в урочищі Стіжок (рис. 5).

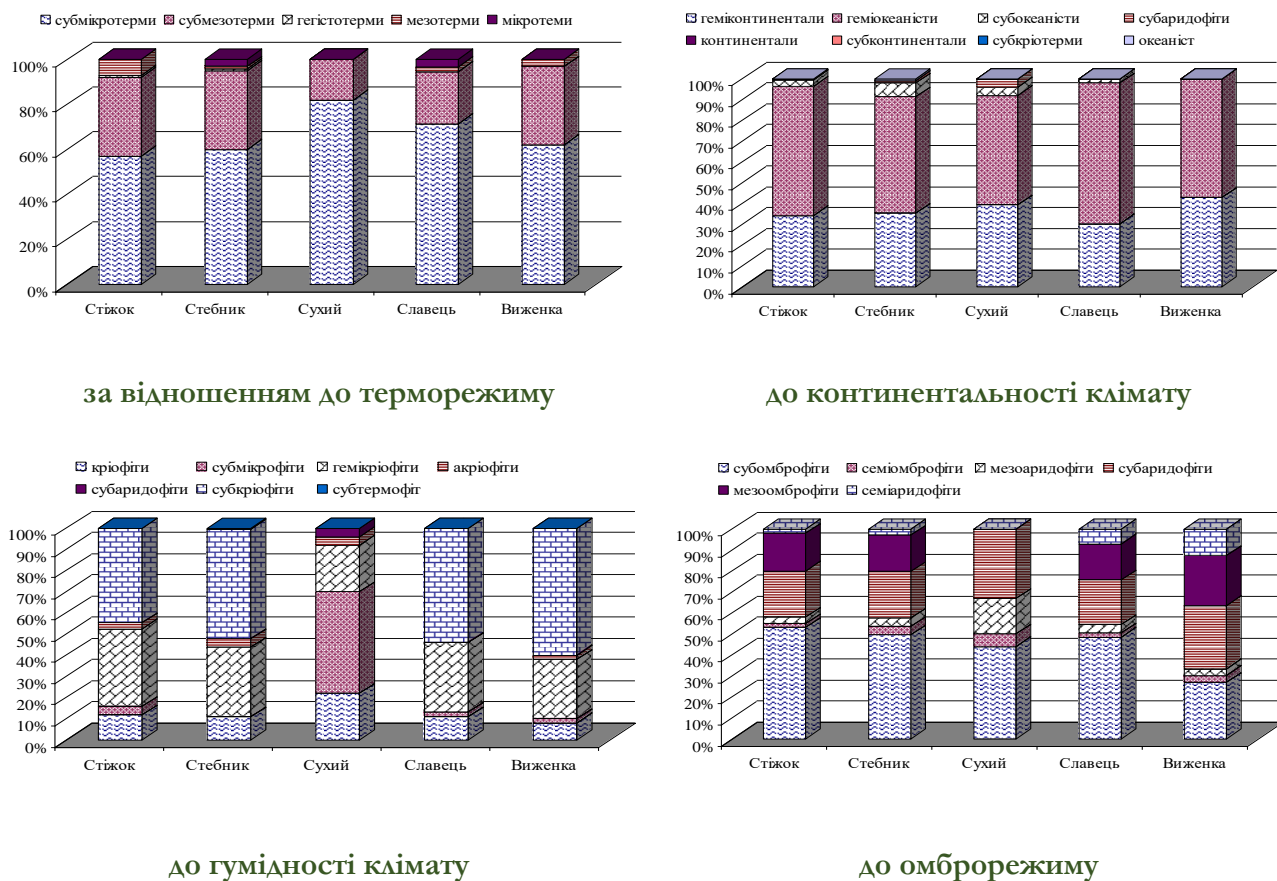


Рис. 5. Спектр екологічних груп рослин фітоценозів НПП «Вижицький» *

В цілому у спектрі екологічних груп за відношенням до узагальненого сольового режиму ґрунту переважають *семіевтрофи*, *семіоліготрофи* та *евтрофи*, що свідчить про достатню забезпеченість ґрунтів солями. Азот є важливим елементом ґрунту, визначає родючість, лімітує поширення видів. У ґрунті він знаходиться часто у

недоступних для рослин формах, для індикації використовують мінеральні форми азоту. За відношенням до вмісту азоту у ґрунті виявлено, що переважаючою групою є *гемінітрофіли*. В урочищі Сухий відмічена однакова кількість *гемінітрофілів* та *субанітрофілів* і відсутні *еунітрофіли*.

В поширенні видів клімат відіграє важливу роль. Це комплексний чинник, проаналізовано фітоіндикаційні шкали: *аридність/гумідність* (омброрежим, Om), *континентальність* (контрасторежим, Kn), *суворість зим* (кріорежим, Cr) та *радіаційний баланс* (терморежим, Tm). Аналіз спектрів екологічних груп фітоценозів за відношенням до узагальненого терморежиму показав наявність представників п'яти екологічних груп. При цьому переважаючою групою є *субмікротерми*, наступними у рейтингу розмістилися *субмезотерми*. В урочищі Сухий відсутні *мезотерми*. *Мікротерми* виявлено в урочищах Стебник та Славець. На географічне поширення типологічних відмін впливає континентальність клімату. Для рівнинної частини України значення континентальності наростають з північного заходу та заходу на схід і південний схід. На дослідженій території присутні *геміконтинентали*, *континентали*, *геміокеаністи*, *океаністи*, *субокеаністи*, *субаридофіти*, *субконтинентали*, *субкріотерми*. Переважаючі групи *геміокеаністи* та *геміконтинентали*, *субокеаністи* відсутні в урочищі Виженка, *континентали* та *субкріотерми* присутні лише в урочищі Стіжок, *океаністи* – в урочищі Стебник, *субаридофіти* – в урочищах Стіжок та Сухий.

Аналіз фітоценозів урочищ ННП «Вижницький» за відношенням до морозності зим показав наявність представників семи екологічних груп. Переважаючою групою виявилися *субкріофіти* за виключенням урочища Сухий, тут вони були відсутні (домінували *субмікрофіти*). В урочищі Славець не виявлено *акріофітів*, *субтермофіти* виявлені лише в урочищі Стебник, *субаридофіти* – лише в урочищі Сухий. Одним з найважливіших екологічних чинників, який відображає аридність-гумідність клімату, є омброрежим (Om). Цей

чинник інтегрує вплив опадів та термічних ресурсів території. Результати синфітоіндикації гумідності клімату свідчать про наявність в досліджених урочищах представників шести екологічних груп. Переважаючими групами є *субомброфіти* та *субаридофіти*, *мезоомброфіти* відсутні в урочищі Сухий, найчисленніша група *мезоадирофітів* виявлена в урочищі Сухий.

Висновки

Досліджено таксономічне та екологічне різноманіття урочищ рослин національного природного парку «Вижницький». Флора судинних рослин досліджених урочищ нараховує 484 види, що належать до 132 родів, 59 родин, 40 порядків, 5 класів та 5 відділів. Переважаючим в систематичній структурі флори є відділ *Magnoliophyta*, з них на *Liliopsida* припадає 35,1 %, *Magnoliopsida* – 64,9 %. У родинному спектрі першість займають *Poaceae* та *Asteraceae*. 293 види (60,5 %) – представники роди *Poaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Cyperaceae*, *Ranunculales*, *Rosaceae*, *Lamiaceae*, *Rubiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Caryophyllaceae*.

Показано, що основу флористичного складу за відношенням до гідротопу утворюють рослини свіжих та вологих лучних екотопів з повним промочуванням та тимчасовим надмірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту опадами та талими водами. За відношенням до трофотопу виявлено переважання рослин слабо-кислих ґрунтів, за відношенням до вмісту азоту у ґрунті – гемінітрофілів, за забезпеченістю ґрунтів солями – семіевтрофів. На основі аналізу нішових полів і нішових просторів виявлені головні лімітуючі чинники кліматопу – термічний режим і вологість клімату, едафотопу – водний і сольовий режими ґрунтів.

References

Chorney, I. I., Budzhak, V. V., Yakushenko, D. M. et. al. (2005). *Vyzhnytsky National Nature Park. Flora. Nature Protected Areas of Ukraine. Flora*. Phytosociocenter (in Ukrainian).

Чорней І. І., Буджак В. В., Якушенко Д. М. та ін. Національний природний парк «Вижницький». Рослинний світ. *Природно-заповідні території України. Рослинний світ*. Вип. 4. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. 248 с.

Didukh, Y. P. (2012). *Fundamentals of bioindication*. Naukova dumka (in Ukrainian)

Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ: Наук. думка, 2012. 343 с.

Institute of Geography, Intelligent Systems GEO, Ukrainian branch of the World Data Center. (n.d.). *National Atlas of Ukraine*. <http://wdc.org.ua/atlas/default.html> (in Ukrainian)

Національний атлас України [Електронний ресурс] / Ін-т географії, Інтелектуальні системи GEO, Українське відділення Світового центру даних. URL: <http://wdc.org.ua/atlas/default.html> (дата звернення 31.03.2024)

Lavrov, V. V., Miroshnyk, N. V., Shupova, T. V., Teslenko, I. K., & Gonchar, G. Yu. (Eds.). (2021). *Scientific bases of integral assessment of park forest ecosystems in a large city. Methodical recommendations*. (V.V. Lavrov, Ed.). https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/5891/1/Naukovi_osnovy_intehr.pdf (in Ukrainian)

Лавров В. В., Мірошник Н. В., Шупова Т. В., Тесленко І. К., Гончар Г. Ю. Наукові основи інтегрального оцінювання паркових лісових екосистем в умовах великого міста. Методичні рекомендації / під заг. редакцією д.с.-г.н. проф. В.В. Лаврова. Київ, 2021. 68 с.

Lukash, O., Hutnyk, Ye., & Morskyi, V. (2023). Vegetation successions of the Chernihiv city roadside lawns due to anthropogenic pressure and weather and climate conditions changes. *Biota. Human. Technology*, 3, 69–82. <https://doi.org/10.58407/bht.3.23.5> (in Ukrainian)

Лукаш О., Гутник Є., Морський В. Сукцесії рослинності придорожніх газонів міста Чернігова у зв'язку антропогенним тиском та змінами погодно-кліматичних умов. *Biota. Human. Technology*, 2023. №3. С.69-82. <https://doi.org/10.58407/bht.3.23.5>

Matuszkiewicz, W. (2023). Guide to the determination of Polish plant communities. Wydawnictwo Naukowe PWN. (in Polish)

Morozova, T. V., & Gutsulyak, O. G. (2012). Assessment of foci of drying of European spruce (*Picea abies* (L.) Karst) taking into account the edaphic and biotic components of the consortium nucleus. *Bulletin of Vasyl Stefanyk Prykarpattia National University. Series Biology*, XVII, 186-190. (in Ukrainian)

Морозова Т.В., Гуцуляк О.Г. Оцінка осередків всихання ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karst) з урахуванням едафічної та біотичної складових консорційного ядра. *Вісник Прикарпатського нац. ун-ту імені Василя Стефаника. Серія Біологія*, 2012. Вип. XVII. С 186-190.

Mucina, L., Bültmann, H., Dierssen, K., Theurillat, J.-P., Raus, T., Carni, A., Šumberová, K., Willner, W., Dengler, J., Schaminee, J. H. J., & Hennekens, S. M. (2016). Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, 19(S1), 3–264. <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>

Onishchenko, V. A., & Andrienko, T. L. (Eds.) (2012). *Phytodiversity of reserves and national natural parks of Ukraine. Part 2. National Natural Parks*. Phytosociocenter. (in Ukrainian).

Фіторізноманіття заповідників і національних природних парків України. Ч.2. Національні природні парки / за ред. В.А. Онищенко і Т.Л. Андрієнко. Київ: Фітосоціоцентр, 2012. 580 с.

Otýpková, Z. (2009). The influence of sample plot size on evaluations with Ellenberg indicator values. *Biologia*, 64(6), 1123-1128. <https://doi.org/10.2478/s11756-009-0184-6>

Palinchak, M. M., Dyachenko, I. B., & Roshko, S. M. (2017). Classification of Nature Protected Areas and Objects in the Context of the IUCN Convention and Legislative Acts of Ukraine. *Scientific Bulletin of Uzhhorod National University*, 16(2), 56-60. (in Ukrainian)

Палінчак М. М., Дяченко І. Б., Рошко С. М. Класифікація природно-заповідних територій та об'єктів у контексті конвенції МСОП та законодавчих актів України *Науковий вісник Ужгородського національного університету*, 2017. Вип. 16(2). С. 56-60.

Protopopova, V. V., Shevera, M. V., Anishchenko, I. M., & Terentyeva, N. G. (2010). Analysis of the species composition of cenophytes of urban floras of different botanical-geographical zones of Ukraine using methods of mathematical statistics. *Ukrainian botanical journal*, 67(4), 536–546 (in Ukrainian).

Протопопова В. В., Шевера М. В., Аніщенко І. М., Терентьева Н. Г. Аналіз видового складу кенофітів урбанофлор різних ботаніко-географічних зон України із застосуванням методів математичної статистики. *Укр. ботан. журн.*, 2010. Т. 67, № 4. С. 536–546.

Shelyah-Sosonko, Y. R., Dubyna, D. V., Minarchenko, V. M., & Ustymenko, P. M. (2002). To the Cadastre of Vegetation and Plant Resources: Indicators and Order of Primary Accounting. *Ukrainian botanical journal*, 59(3), 330–341.

Шеляг-Сосонко Ю. Р., Дубина Д. В., Мінарченко В. М., Устименко П. М. До кадастру рослинності і рослинних ресурсів: показники та порядок первинного обліку. *Укр. ботан. журн.*, 2002. 59, №3. С. 330–341.

Sytschak, N. M. (2015). Addition to the flora of vascular plants of the Vyzhnytskyi NPP, Chernivtsi region. *Biological systems*, 7(2), 244–248.

Сичак Н.М. Доповнення до флори судинних рослин НПП «Вижницький», Чернівецька область. *Біологічні системи*, 2015. Т. 7. Вип. 2. С. 244–248.

Szymura, T. H., Szymura, M., & Macioł, A. Bioindication with Ellenberg's indicator values: A comparison with measured parameters in Central European oak forests. *Ecological Indicators*, 2014, 46, 495–503. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.013>

Ukrainian geobotanical website. (n.d.). Cynosurion cristatiTx. 1947. In *Syntaxonomy of the Ukraine vegetation*. Retrieved March 3, 2024, from <https://geobot.org.ua/syntaxonomy/283/> (in Ukrainian) Cynosurion cristatiTx. 1947.

Синтаксономія рослинності України. URL: <https://geobot.org.ua/syntaxonomy> (дата звернення: 03.03.2024)

Wagner, M., Kahmen, A., Schlumprecht, H., Audorff, V., Perner, J., Buchmann, N., & Weisser, W. (2007) Prediction of herbage yield in grassland: How well do Ellenberg N-values perform? *Applied Vegetation Science*, 10(1), 15–24 <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2007.tb00499.x>

WFO (2023). Plant List. In *World Flora Online*. Version2023.06. Retrieved September 04, 2023, from <https://wfolantlist.org/plant-list/>

Yakubenko, B. E., Popovych, S. Yu., Ustymenko, P. M., Dubyna, D. V., & Churilov, A. M. (2018). *Geobotany: methodological aspects of research: textbook*. Lira K. (in Ukrainian)

Якубенко Б. Є., Попович С. Ю., Устименко П. М., Дубина Д. В., Чурилов А. М. Геоботаніка: методичні аспекти досліджень: навчальний посібник. Київ: Ліра К, 2018. 316 с.

Zhukov, O. V. (2015) Phytoindication evaluation of measurements obtained with the help of multidimensional scaling of the structure of plant communities. *Black Sea Botanical Journal*, 11(1), С. 84–98. (in Ukrainian)

Жуков О.В. Фітоіндикаційне оцінювання вимірів, отриманих за допомогою багатовимірної шкалювання структури рослинного угруповання. *Чорноморський ботанічний журнал*, 2015. Т. 11, № 1. С. 84–98.

Zhukov, O. V. (2010) Bellegard-Akimov ecomorphs and ecological matrices *Ecology and noosphere*, 21(3-4), 109–111 (in Ukrainian)

Жуков О. В. Екоморфи Бельгарда – Акімова та екологічні матриці. *Екологія та ноосферологія*, 2010. Т. 21, № 3-4. С.109–111

Received: 04.03.2024. Accepted: 30.03.2024. Published: 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Морозова Т. Флористичні, таксономічні та еколого-індикаторні характеристики урочищ Вижницького національного природного парку. *Biota. Human. Technology*. 2024. №1. С. 53–63.

Cite this article in APA style as:

Morozova, T. (2024). Floristic, taxonomic and ecological-indicator characteristics of the tracts of Vyzhnytsia National Nature Park. *Biota. Human. Technology*, 1, 53–63. (in Ukrainian)

Information about the author:

Morozova T. [in Ukrainian: **Морозова Т.**], Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: tetiana.morozova@ukr.net
 ORCID: 0000-0003-4836-1035 Scopus-Author ID: 57219053455
 Department of Ecology and Environmental Protection Technologies, National Transport University
 1 Mykhaylo Omelyanovycha-Pavlenko Str., Kyiv, 02000, Ukraine

UDC 574.4(477.41/.42-751.3)

Володимир Свердлов, Юрій Карпенко

ФЛОРИСТИЧНІ ТА ЦЕНОТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕГІОНАЛЬНИХ
ЛАНДШАФТНИХ ПАРКІВ ПОЛІСЬКОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНИ

Volodymyr Sverdlov, Yuriy Karpenko

FLORISTIC AND COENOTIC FEATURES OF REGIONAL LANDSCAPE PARKS
OF THE POLESIE OF UKRAINE

DOI: 10.58407/bht.1.24.6

АНОТАЦІЯ

Однією із найактуальніших проблем сьогодення є необхідність збереження та охорони середовищ існування, біологічного і ландшафтного різноманіття, і в першу чергу фіторізноманіття та ценокомплексів. Екосистеми Українського Полісся характеризуються значним біорізноманіттям та є відносно збереженими і унікальними для Східної Європи. Тут зосереджена багата флора та фауна з комплексом бореальних і центральноевропейських видів.

Мета дослідження полягала у характеристиці сучасного стану, флористичних і ценотичних особливостей, розкритті окремих ландшафтних характеристик регіональних ландшафтних парків поліської частини України.

Методологія. Для виконання дослідження використовувалися загальноприйняті методи та методики (маршрутний, геоботанічних описів ключових територій), які дозволили навести сучасні характеристики територій РЛП поліської частини України, зокрема їх флористичних і ценотичних особливостей. Здійснено узагальнення авторських даних щодо рідкісного фіторізноманіття РЛП території досліджень. 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 узагальнено флористичні та ценотичні особливості територій РЛП поліської частини України.

Висновки. У межах поліської частини України створено 5 РЛП (Прип'ять-Стохід (1995 рік створення), Надслучанський (2000), Міжрічинський (2002), Ялівщина (2014) та Пташиний рай (2017), які виступають важливими елементами природно-заповідної мережі для збереження біорізноманіття та ландшафтів на регіональному рівні. Вони мають загальну площу 118260,45 га, що становить 1,62 % від загальної площі території Українського Полісся та забезпечують охороною природно-територіальні комплекси з відповідною флористичною та ценотичною структурою та рядом рідкісних видів судинних рослин і угруповань з Зеленої книги України. Слід наголосити, що якісно вони охоплюють не всі фізико-географічні області Українського Полісся, але і кількісні показники, зокрема збільшення площ існуючих РЛП могли б охопити охороною територіально більшу кількість рідкісних видів фіторізноманіття та угруповань, які є репрезентативними для поліського регіону, збільшивши відсоток його заповідності.

Ключові слова: Українське Полісся, природно-заповідний фонд, регіональні ландшафтні парки, фіторізноманіття, рослинні угруповання, рідкісні види судинних рослин

ABSTRACT

One of the most pressing problems of today is the need to preserve and protect habitats, biological and landscape diversity, and first of all, phytodiversity and cenocomplexes. The ecosystems of Ukrainian Polesie are characterized by significant biodiversity and are relatively preserved and unique for Eastern Europe. Rich flora and fauna with a complex of boreal and Central European species are concentrated here.

The purpose of the study was to characterize the current state, floristic and coenotic features, to reveal individual landscape characteristics of regional landscape parks of the Polesie part of Ukraine.

Methodology. To carry out the study, generally accepted methods and techniques (route, geobotanical descriptions of key territories) were used, which made it possible to provide modern characteristics of the territories of the RLP of the Polesie part of Ukraine, in particular their floristic and coenotic features. A generalization of the author's data on the rare phytodiversity of the RLP of the study area is carried out. The names of taxa of vascular plants are given on the basis of modern approaches of nomenclature and according to the data of the National Network Biodiversity Information (UkrBIN).

Scientific novelty. On the basis of our own floral and horological studies, the processing of the herbarium collection of the T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium» and the analysis of literary sources, the floristic and coenotic features of the territories of the RLP of the Polesie part of Ukraine are summarized.

Conclusions. Within the boundaries of the Polish part of Ukraine, 5 RLPs were created (Prypyat-Stokhid (established in 1995), Nadsluchanskyi (2000), Mizhrychynskyi (2002), Yalivshchyna (2014) and Ptashynnyy ray (2017), which are important elements of the nature reserve network for preservation of biodiversity and landscapes at the regional level. They have a total area of 118,260.45 hectares, which is 1.62% of the total area of the territory of Ukrainian Polesie, and provide protection for natural-territorial complexes with an appropriate floristic and coenotic structure and a number of rare species of vascular plants and groups from the Green Book of Ukraine. It should be emphasized that qualitatively they do not cover all physical and geographical areas of Ukrainian Polesie, but also quantitative indicators, in particular, increasing the area of existing protected areas could cover a territorially larger number of rare species of phytodiversity and groups that are representative of the Polesie region, increasing the percentage of its conservation.

Key words: Polesie of Ukraine, nature reserve fund, regional landscape parks, phytodiversity, plant communities, rare species of vascular plants

Постановка проблеми

Сучасний етап розвитку заповідної справи в Україні підтверджує значний прогрес у впровадженні поліфункціональної парадигми в охороні природи, яка заміняє ідею монокомпонентної охорони, що була характерною для 70-х років ХХ століття. Також відзначається актуалізацією уваги до збереження біологічного і ландшафтного різноманіття та формування національної екологічної мережі. Однією з основних рис сучасного періоду розвитку природно-заповідної справи є збільшення частки поліфункціональних заповідних об'єктів, зокрема регіональних ландшафтних парків у структурі природно-заповідного фонду.

Найпоширенішою категорією поліфункціональних заповідних територій у країнах Європейського Союзу ландшафтні парки, які доповнюють мережу національних парків. Ландшафтні парки є важливим елементом екологічного захисту регіону, сприяючи збереженню природних цінностей та раритетного біорізноманіття (Europe's Nature..., 2021). У країнах Європи для зменшення людського впливу на національні парки та задоволення потреб у рекреації місцевого населення створюються мережі місцевих парків (Blasi, 2017), які виконують різноманітні природоохоронні, рекреаційні та освітні функції, їх називають регіональними, природними або ландшафтними.

Об'єктом досліджень виступила мережа регіональних ландшафтних парків (РЛП) поліської частини України та особливості їх фіторізноманіття. РЛП віднесені до категорії природно-заповідного фонду України відповідно до законодавства України, зокрема до статей 23-24 Закону «Про природно-заповідний фонд України». Ці парки мають статус природоохоронних та рекреаційних об'єктів місцевого або регіонального значення (On the Nature..., 2024).

На території України функціонує 95 регіональних ландшафтних парків, а у межах Українського Полісся – 5, які були створені у період 90-х років ХХ століття-першій декаді ХХІ століття («Прип'ять-Стохід» (1995 рік створення), «Надслучанський» (2000), «Міжречинський» (2002), «Ялівщина» (2014) та «Пташиний рай» (2017). Загальна площа цих парків складає 118260,45 га, що становить 1,62 % від загальної площі території дослідження та охоплює природно-територіальні комплекси, які репрезентують лісові, лучні, болотні та прибережно-водні екосистеми.

Матеріали та методи

Для виконання дослідження використовувалися загальноприйняті методи та методики (маршрутний, геоботанічних описів ключових територій), які дозволили навести сучасні характеристики територій РЛП поліської частини України, зокрема їх флористичних і ценотичних особливостей,

рідкісних видів судинних рослин. Здійснено узагальнення авторських даних щодо рідкісного фіторізноманіття РЛП території досліджень, зокрема за період 2017-2024 рр. (Kolomiychuk & Onyshchenko, 2018; Karpenko, 2023) під час проведення польових досліджень парків Лівобережного Полісся, систематизації даних про різноманіття парків Правобережжя (Мукутин, 2017). Назви таксонів судинних рослин наводяться на основі сучасних підходів номенклатури та згідно даних Національної мережі інформації з біорізноманіття (UkrBIN) (Plantae, 2022).

Результати та обговорення

Українське Полісся – це область, яка входить до складу Поліської низовини та розташована в межах України, займаючи площу понад 73 тис. км². Різноманітність фізико-географічних умов, особливо мозаїчність рельєфу та значна протяжність смуги Полісся від заходу на схід (Didukh, 2008), становить основу для значної різноманітності рослинного покриву регіону досліджень. Ландшафти цієї території характеризуються переважно рівнинною структурою рельєфу, значним поширенням відкладів водно-льодовикового походження, а також великою кількістю боліт. Бідність ґрунтів, які утворилися на пісках, разом із заболоченістю сприяли збереженню тут природної рослинності, яка охоплює близько двох третин території (у тандемі з луками).

В цілому поліська частина України відіграє важливу роль як одна з сполучних територій (Поліський широтний екологічний коридор) для збереження біорізноманіття, ландшафтів та міграцій тварин і рослин (Andrienko, 2006), а тому мережі природно-заповідних територій, зокрема і регіональних ландшафтних парків, сприяє збереженню фіторізноманіття, угруповань та природних екосистем, які визначають їх особливості, які наведено нижче, при характеристиці окремих парків.

РЛП «Прип'ять-Стохід»

Регіональний ландшафтний парк «Прип'ять-Стохід» (площа 21600 га) знаходиться у Зарічненському районі Рівненської області (Didukh, 2008). Згідно геоботанічного районування, територія РЛП входить до Верхньоприп'ятського округу

соснових, вільхових, ялинових (фрагментарно) лісів, заплавних луків та оліго-, мезо-, евтрофних боліт Східноєвропейської провінції Європейської широколистянолісової області (Didukh & Shelyah-Sosonko, 2003).

Територія парку являє собою болотний та лісовий комплекс, розташований у заплаві річок Прип'яті та Стохиду і має заплавні озера (Нобель та Засвідське), болота та заплавні луки.

Лісові масиви розташовані на межі річок Стохід та Прип'яті, а також на боровій терасі Прип'яті. В парку переважають мішані дубово-соснові ліси, а також листяні (вільшняки, дубові) і соснові ліси. Вільхові ліси на притерасі річки Прип'ять займають значні площі, вони є природного походження віком переважно 40-60 років. Поряд із вільшняками (урочище Ялина) на підвищених місцях фрагментарно зустрічаються ценози грабово-дубових лісів з численними неморальними видами, які є рідкісними для території РЛП.

Флора території РЛП налічує понад 700 видів вищих рослин. Також характерною особливістю флори РЛП «Прип'ять-Стохід» є значна кількість центральноєвропейських видів. Особливий науковий інтерес представляють види, які є малопоширеними на Українському Поліссі, зокрема: *Succisella inflexa* (Kluk) G. Beck, *Primula elatior* (L.) Hill, *Utricularia intermedia* Haune, а також види, які з'явилися в регіоні Західного Полісся лише за останні 10-15 років, такі як *Hydrocotyle vulgaris* L., *Chamaecytisus ratibonensis* (Schaeff.) Rothm. і *Teesdalia nudicaulis* (L.) W.T.Aiton. (Andrienko et al., 2008).

На території парку зустрічається 27 видів, занесених до Червоної книги України (*Dactylorhiza maculata* (L.) Soo, *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Jovibarba sobolifera* (Sims.) Opiz тощо) та 3 регіонально рідкісні види (*Geum aleppicum* Jacq., *Nymphaea alba* L., *Nymphaea candida* J.Presl) (Kharchyshyn et al., 2003).

Найбільш репрезентативними виступають угруповання з Зеленої книги України на території РЛП «Прип'ять-Стохід», де вони представлені лісовими (*Pineta (sylvestris) juniperosa (communis)*, (*Querceto (roboris)-Pineta (sylvestris) juniperosa (communis)*) та водними (*Nupharetta luteae*, *Ceratophylleta submersi*, *Nymphaeeta albae*, *Nymphaeeta*

candidae) ценокомплексами (Green Book..., n.d.).

Вздовж русла Прип'яті переважають ценози з *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. з видами гідатофітами (*Stratiotes aloides* L., *Potamogeton nodosus* Poir. та *P. lucens* L.), місцями смуги з *Glyceria maxima* (C.Hartm.) Holmb. та *Typha angustifolia* L., в яких часто зустрічаються кущі *Salix cinerea* L. Фрагментарно поширені угруповання *Nymphaea candida* та *N. alba*.

Вологі луки формуються на плескатих підвищених ділянках та на прируслових грядах, де переважають *Deschampsia caespitosa* (L.) P.Beauv. та *Molinia caerulea* (L.) Moench. Болота, що прилягають до річкових русел, є евтрофними, переважно купиново-осоковими з *Carex elata subsp. omskiana* (Meinsh.) Jalas та *C. appropinquata* Schum.

У північній смузі РЛП є ряд озер, які в різній мірі заростають, при цьому формуються угруповання з *Phragmites australis*, *Typha angustifolia* L., окремі ділянки вкриті *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla та *Carex rostrata* Stokes.

Рослинність північної частини парку має суто бореальний характер з бідними сосновими лісами борової тераси та типовими поліськими озерами і евтрофними болотами, а південної частини має відмінний характер, зокрема тут поширеними є луки і чорновільшняки на притерасній частині заплави, а сухі соснові ліси займають менші площі борової тераси Прип'яті (Andrienko, 2006).

РЛП «Надслучанський»

Регіональний ландшафтний парк «Надслучанський» (площа 17271 га) розташований у південно-східній частині Березнівського району, у долині річки Случ та її притоків (Didukh, 2008). Згідно геоботанічного районування, територія РЛП входить до Городницько-Олевсько-Ємільчинського району сосново-дубових і соснових лісів, розміщуючись на крайньому південному заході району, де проходить границя Коростенсько-Житомирського (Центрально-поліського) і Ковельсько-Сарненського (Західнополіського) геоботанічних округів (Didukh & Shelyah-Sosonko, 2003).

Лісові території РЛП становлять понад 73 % його території та представлені типовими для Полісся сосновими та дубово-сосновими лісами, місцями в умовах

багатших ґрунтів широколистяних лісів (дубових та грабово-дубових) (Муkyтин, 2017).

Болотні екосистеми займають понад 3 % площі парку та представлені евтрофними угрупованнями. На правому кам'янистому березі річки Случ, на підвищених частинах схилів поширеними є угруповання лучно-степової рослинності (Grokhovska et al., 2021).

Специфіка рослинності на території РЛП виявляється в наявності рідкісних для Українського Полісся нейтрофітних ценозів, а також рослинних угруповань, занесених до Зеленої книги України, зокрема: дубово-соснових лісів з покривом із *Rhododendron luteum* Sweet, грабово-дубових лісів з покривом із *Carex brizoides* L., степових угруповань з домінуванням *Stipa pennata* L. (Муkyтин, 2017).

Флора парку налічує близько 400 видів судинних рослин, переважно неморальної та бореальної груп, серед них виявлено 107 рідкісних видів судинних рослин, що охороняються на регіональному рівні та 30 видів – з Червоної книги України (Kharchyshyn et al., 2003).

Угруповання з Зеленої книги України на території досліджень представлені лісовими комплексами з ценозами *Pineta (sylvestris) rhododendrosa (lutei)* та *Querceto (roboris)–Pineta (sylvestris) rhododendrosa (lutei)* (Green Book..., n.d.).

У межах парку знаходиться 14 об'єктів природно-заповідного фонду місцевого значення, які займають 5,6 % від загальної площі парку, серед яких заказники (6), пам'ятки природи (7) та заповідні урочища (1) (Grishchenko, 2008).

РЛП «Пташиний рай»

Регіональний ландшафтний парк «Пташиний рай» (площа 466,8 га) займає більшу частину найпівнічніших островів річки Дніпро («Великий Північний», «Пташиний» та «Вальковський») у межах Київської області (Didukh, 2008). Згідно геоботанічного районування, територія РЛП входить до Лівобережнополіського округу дубово-соснових, дубових, соснових лісів, заплавних лук та болотної рослинності Східноєвропейської провінції Європейської широколистянолісової області (Didukh & Shelyah-Sosonko, 2003).

На північній та центральній частині острова Великий та північній частині острова Вальковський розташовані різновікові соснові насадження, у трав'яному покриві яких переважають ксерофітні і псамофітні види, зокрема: *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth та *Koeleria glauca* (Spreng.) DC., місцями *Corynephorus canescens* (L.) P.Beauv. та *Festuca ovina* L.

По береговій лінії островів зустрічаються смуги вербових лісів шириною 10–40 м та складаються з *Salix alba* L. та *Salix fragilis* L. Крім того, у інших частинах можна побачити розріджені сухі ліси *Populus nigra* L., де з чагарників представленим є *Rubus caesius* L., а в трав'яному покриві переважають *Calamagrostis epigejos* та види роду *Carex*. Значну площу островів займають чагарникові угруповання з переважанням *Salix acutifolia*, які в основному є низькими та розрідженими.

На відкритих острівних ділянках, на сухих і бідних ґрунтах переважають ценози з *Corynephorus canescens*, *Festuca ovina*, *F. polesica* Zapal. та *Artemisia marschalliana* Spreng, місцями слід відзначити *Jasione montana* L., *Tragopogon ucrainicus* Artemczuk. На більш багатих едафічних ектопах переважає *Koeleria glauca*, а в більш вологих умовах – *Calamagrostis epigeios*. Серед видів лучного різнотрав'я можна зустріти *Dianthus borbasii* Vandas, *Oenothera biennis* L., *Achillea collina* J. Becker et Reichenb. та *Agrostis vinealis* Schreb. (Kolomiychuk, & Onyshchenko, 2018).

Більш зволожені трав'яні угруповання переважно складаються з *Poa angustifolia* L. та *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin. В цих угрупованнях часто можна зустріти *Galium verum* L., *G.physocarpum* Ledeb., *Potentilla argentea* L., *Calamagrostis epigeios* та *Veronica incana*, а покриття травостою в цих угрупованнях становить 70-85 %, що вище, ніж у сухих псамофітних угрупованнях.

Прибережно-водна рослинність складається з гідрофільних видів, зокрема: *Carex acuta* L., *Phragmites australis*, *Typha angustifolia* та *T. latifolia* L., *Scirpus lacustris* (L.) Palla. Флористичне ядро формують такі види як *Butomus umbellatus* L., *Lythrum salicaria* L., *L. virgatum* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Stachys palustris* L. Варти уваги є місцезростання рідкісних болотних видів, таких як *Senecio tataricus* Less. та *Comarum palustre* L. (Andrienko, 2006).

Справжня водна рослинність представлена групами ценозів *Nyphareta lutea*, *Nymphaea alba*, з підводно плаваючими видами (*Potamogeton natans* L., *P. perfoliatus* L., *P. pectinatus* L., *Elodea canadensis* Michx., *Myriophyllum spicatum* L., *Ceratophyllum demersum* L.). Навколо островів можна також знайти фрагменти вільноплаваючої рослинності з переважанням *Lemna minor* L., де фрагментарно зустрічаються *Salvinia natans* (L.) All., та *Trapa natans* L. (Kolomiychuk & Onyshchenko, 2018).

Флора території РЛП налічує 267 видів судинних рослин, з них 2 види занесено до Червоної книги України (*Salvinia natans*, *Trapa natans*) та 2 регіонально рідкісних види (*Potamogeton pusillus* L., *Nymphaea alba*).

РЛП «Міжрічинський»

Регіональний ландшафтний парк «Міжрічинський» (площа 78753,95 га) розташований в Чернігівському районі, в південно-західній частині Чернігівської області (Didukh, 2008). Згідно геоботанічного районування, територія РЛП входить до Лівобережнополіського округу дубово-соснових, дубових, соснових лісів, заплавної луки та болотної рослинності Східноєвропейської провінції Європейської широколистянолісової області (Didukh & Shelyah-Sosonko, 2003).

Аналіз видового фіторізноманіття парку вказує на переважання бореальних та арктобореальних видів, основне флористичне ядро яких пов'язане з сосновими та дубово-сосновими лісами, що розташовані вздовж широкого межиріччя Десни та Дніпра та частково серед лучних угруповань (Andrienko, 2006).

Ценотичний склад лісової рослинності РЛП демонструє велику різноманітність, зокрема: у південній частині переважають різновікові соснові ліси, часто з молодими насадженнями, які характеризуються флористично одноманітним складом; у центральних і північних ділянках збереглися старі та багаті на види соснові ліси; на більш поживних ґрунтах можна зустріти дубово-соснові ліси, а також окремі ділянки дубових та дубово-грабових лісів; соснові ліси зеленомохові переважають у південній частині. Серед розрідженого трав'яного покриву переважають типові бореальні види, такі як: *Lycopodium clavatum*, *Orthilia secunda* (L.) House, *Pyrola rotundifolia* L.,

Scorzonera humilis L. і *Centaurea sumensis* Kalen. Серед рідкісних видів слід зазначити *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub, який занесений до Червоної книги України (Andrienko et al., 2007).

Меншими за площею на території РЛП є угруповання дубово-соснових лісів де в другому ярусі присутній *Quercus robur*, з куничниковим покривом, у яких бореальні види відіграють значну роль у флористичному складі, проте також присутньою є певна кількість неморальних видів, у тому числі малопоширених та рідкісних, а саме: *Lilium martagon* L., *Peucedanum cervaria* (L.) Lapeyr., *Pulmonaria angustifolia* L., *Campanula persicifolia* L., *Salvia pratensis* L.

Лучна рослинність представлена переважно у заплаві річки Десна, де збереглися лучні угруповання різного ценотичного складу, включаючи угруповання таких видів як *Festuca pratensis* Huds., *Poa pratensis* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Agrostis gigantea* Roth, *Alopecurus pratensis* L., а на підвищених ділянках – *Calamagrostis epigeios*.

У поєднанні з справжніми луками, на території парку поширеними є також болотисті луки, які складаються з *Carex acuta*, *Glyceria maxima*, *Bekmannia eruciformis* (L.) Host. Значно обмежені за площею торф'янисті луки, представлені угрупованнями з *Deschampsia caespitosa*, частково з *Carex nigra* (L.) Reichard та *Carex panicea* L. (Pryadko, 2004).

Характерними для території РЛП також виступають болотні, прибережно-водні і водні ценози. У надмірно зволжених місцях серед осокових угруповань відмічається ряд рідкісних видів – *Hippuris vulgaris* L. *H.lanceolata* Retz. Болотні і лучно-болотні екосистеми зберігають значну різноманітність орхідних, серед яких зустрічаються *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo і *Dactylorhiza majalis* (Reichenb.) P.F. Hunt et Summerhayes), у межах Бондарівського болота – *Epipactis palustris* (L.) Crantz., на підвищених ділянках лучно-болотних і лісових ценозів – *Platanthera bifolia* (L.) Rich. і *Listera ovata* (L.) R.Br. На болотах із середнім вмістом поживних речовин переважають угруповання *Carex lasiocarpa* Ehrh. і *Carex rostrata*, *Calamagrostis canescens* (Weber) Roth, *Phragmites australis*. Водні екосистеми в основному представлені типовими макро-

фітами, які частково чутливі до змін гідрологічного режиму та рівнів забруднення (Andrienko, 2006).

Флора території РЛП включає 524 види судинних рослин, з них 28 видів занесено до Червоної книги України та 51 належить до групи регіонально рідкісних видів для Чернігівської області.

На території парку представлені водні угруповання з Зеленої книги України, зокрема ценози формацій *Ceratophylleta submersi*, *Nymphaeeta candidae*, *Nupharetta luteae* та *Sparganieta minimi* (Green Book..., n.d.).

РЛП «Ялівщина»

Регіональний ландшафтний парк «Ялівщина» (площа 168,7 га) розташований в північній частині міста Чернігова, на лівобережній заплаві та боровій терасі р. Стрижень (Didukh, 2008). Згідно геоботанічного районування, територія РЛП входить до Лівобережнополіського округу дубово-соснових, дубових, соснових лісів, заплавної лук та болотної рослинності Східноєвропейської провінції Європейської широколистянолісової області (Didukh & Shelyah-Sosonko, 2003).

Процеси формування екосистем на території РЛП відбувалося як природним чином, так штучним шляхом. У природних лісових екосистемах РЛП поширеними є деревні інтродуценти далекосхідної та північноамериканської флор (101 вид), які були висаджені у середині ХХ ст. під час функціонування Чернігівського обласного ботанічного саду (Karpenko et al., 2023).

Серед угруповань лісової рослинності парку, де за кількісними показниками переважають соснові та мішані угруповання з *Pinus sylvestris*, *Acer platanoides* L., *Betula pendula*., *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus robur*, *Tilia cordata* Mill. Серед соснових ценозів представлені середньовікові культури, за участі в трав'яному ярусі *Agrostis tenuis* L., *Calamagrostis epigeios*, *Elytrigia repens*, що визначається значним антропогенним навантаженням. На невеликих площах трапляються фрагментарно ценози асоціації *Pinetum pteridiosum (aquilini)*, а на окремих природних соснових ділянках спостерігається вторгнення інтродукованої тут *Robinia pseudoacacia*. В ценозах березових лісів на території РЛП зустрічається 2 види орхідних (*Platanthera*

bifolia, *Epipactis helleborine*), які занесені до Червоної книги України.

Угруповання формації *Robinieta pseudoacaciae* відрізняються збідненою ценотичною структурою та видовим складом деревних рослин. Тут присутні види з високим ступенем інвазійної спроможності (*Acer negundo* L.), а також види-«синантропи» (*Chelidonium majus* L., *Ballota ruderalis* L., *Geum urbanum*, *Conyza canadensis* (L.) Cronquist).

У заплаві річки Стрижень, на відрізку території РЛП, трапляються осередки заплавлених лук, які формують угруповання *Calamagrostideta epigeioris*, *Elytrigietea repentis* та *Poeta pratensis* з типовими лучними видами.

Прибережно-водні угруповання поширені біля зрізу річки, їх формують такі види як: *Phragmites australis*, *Typha angustifolia* та *T. latifolia*, *Carex acuta*, *Glyceria maxima*, *Festuca arundinacea* Schreb.

На окремих ділянках парку, на незначній площі формуються синантропні угруповання *Lolium perenne* L. і *L. multiflorum* Lam., місцями за участі *Solidago canadensis* L. та *Ambrosia artemisiifolia* L. (Karpenko, 2023).

Флора території РЛП представлена 605 видами, з них 8 видів з Червоної книги України (*Salvinia natans*, *Platanthera bifolia*, *Epipactis helleborine* та інші) та 14 регіонально рідкісних видів, які охороняються в межах Чернігівської області (*Equisetum*

hyemale L., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman, *Polystichum aculeatum* (L.) Roth, *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod, *Pteridium aquilinum*, *Juniperus communis* L. та інші) (Karpenko et al., 2023).

Висновки

У межах поліської частини України створено 5 РЛП: Прип'ять-Стохід (1995 рік створення), Надслучанський (2000), Міжрічинський (2002), Ялівщина (2014) та Пташиний рай (2017), які виступають важливими елементами природно-заповідної мережі для збереження біорізноманіття та ландшафтів на регіональному рівні. Вони мають загальну площу 118260,45 га, що становить 1,62 % від загальної площі території Українського Полісся та забезпечують охороною природно-територіальні комплекси з відповідною флористичною та ценотичною структурою та рядом рідкісних видів судинних рослин і угруповань з Зеленої книги України. Слід наголосити, що якісно вони охоплюють не всі фізико-географічні області Українського Полісся, але і кількісні показники, зокрема збільшення площ існуючих РЛП могли б охопити охороною територіально більшу кількість рідкісних видів фіторізноманіття та угруповань, які є репрезентативними для поліського регіону, збільшивши відсоток його заповідності.

References

Andrienko, T. L. (2006). *Phytodiversity of Ukrainian Polesie and its protection*. Phytosociocenter. (in Ukrainian)

Андрієнко Т. Л. Фіторізноманіття Українського Полісся та його охорона. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 316 с.

Andrienko, T. L., Lukash, O. V., & Pryadko, O. I. (2007). Rare species of vascular plants of Chernihiv region and their representation in nature reserves. *Protected Areas in Ukraine*, 13(1-2), 33–38. (in Ukrainian)

Андрієнко Т., Лукаш О., Прядко О. Рідкісні види судинних рослин Чернігівщини та їх представленість на природно-заповідних територіях області. *Заповідна справа в Україні*. 2007. Т. 13, № 1-2. С. 33–38.

Andrienko, T., Parchuk, G., & Yashchenko, P. (2008). Regional Landscape Park «Pripyat – Stokhid». *To Interstate Nature Protected Areas of Ukraine* (pp. 67–75). (in Ukrainian)

Андрієнко Т., Парчук Г., Ященко П. Регіональний ландшафтний парк «Прип'ять – Стохід». *Міждержавні природно-заповідні території України*. Київ, 2008. С. 67–75.

Blasi, A. (2017). *National parks of Europe*.

Didukh, J. (2008). National Atlas of Ukraine. State Scientific and Production Enterprise «Kartographia». (in Ukrainian)

Дідух Я. Національний атлас України. Київ : ДНВП "Картографія", 2008. 320 с.

Didukh, J., & Shelyah-Sosonko, Y. (2003). Geobotanical zoning of Ukraine and adjacent territories. *Ukrainian Botanical Journal*, 60(1), 6–17. (in Ukrainian)

Дідух Я., Шеляг-Сосонко Ю. Геоботанічне районування України та суміжних територій. *Український ботанічний журнал*. 2003. Т. 60, № 1. С. 6–17.

Green Book of Ukraine – Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. The Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine is the official website. <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/bioriznomanittya/zelena-knyga-ukrayiny-2/>

Зелена книга України – Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України – офіційний сайт*. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/bioriznomanittya/zelena-knyga-ukrayiny-2/> (дата звернення: 09.04.2024).

Grokhovska, Y., Volodymyrets, V., & Konontsev, S. (2021). Diversity and dynamics of hydrophilic flora of Lowland Polissya (on the example of the Sluch River basin). *Biosystems Diversity*, 29(3), 303–310. <https://doi.org/10.15421/012138>.

Europe's Nature Parks, Landscape Parks and Regional Parks. (2021). Europe's Nature Parks, Landscape Parks and Regional Parks. Retrieved January 31, 2023, from <https://www.european-parks.org/home>

Grishchenko, Y. (Ed.). (2008). Nature Reserve Fund of Rivne Region. Volyn amulets. (in Ukrainian)

Природно-заповідний фонд Рівненської області / ред. Ю. Грищенко. Рівне : Вол. береги, 2008. 216 с.

Karpenko Yu., Potots'ka S., & Sverdlov V. (2023). Vascular plants of the spontaneous flora of the regional landscape park «Yalivshchyna»(Chernihiv). *Biota. Human. Technology*, (3), 7–18. <https://doi.org/10.58407/bht.3.22.1>. (in Ukrainian)

Карпенко Ю., Потоцька С., Сverdlov В. Судинні рослини спонтанної флори регіонального ландшафтного парку «Ялівщина» (м. Чернігів). *Biota. Human. Technology*. 2023. № 3. С. 7–18. URL: <https://doi.org/10.58407/bht.3.22.1> (дата звернення: 11.02.2024).

Karpenko, Yu. (Ed.). (2023). *Rare biodiversity of the territory of the regional landscape park "Yalivshchyna": structure, distribution and principles of protection*. Desna Polygraph. (in Ukrainian)

Раритетне біорізноманіття території регіонального ландшафтного парку «Ялівщина»: структура, поширення та засади охорони: монографія / ред. Ю. Карпенко. Чернігів: Десна Поліграф, 2023. 128 с.

Kharchyshyn, V., Sobko, V., Melnyk, V., Sirenkyi, S., Lysak, G., & Zhuravsky, R. (2003). *Rare and endangered plants of Ukrainian Polesie*. Phytosociocenter. (in Ukrainian)

Рідкісні і зникаючі рослини Українського Полісся / В. Харчишин та ін. Київ : Фітосоціоцентр, 2003. 248 с.

Kolomiychuk, V., & Onyshchenko, V. (2018). Phytodiversity of the Regional Landscape Park «Bird Paradise» (Kyiv region). *Modern Phytosociological Research in Ukraine* (2nd ed., pp. 20–25). (in Ukrainian)

Коломійчук В., Онищенко В. Фіторізноманіття регіонального ландшафтного парку «Пташиний Рай» (Київська область). *Сучасні фітосоціологічні дослідження в Україні* : 36. наук. пр. з нагоди вшанування пам'яті видат. фітосоціолога, д.б.н., проф. Т.Л. Андрієнко-Малюк (1938-2016 рр.), м. Київ. 2018. С. 20–25.

Mykytin, T. M. (2017). *Regional Landscape Park «Nadsluchansky»: ecological and economic prerequisites for rational use of natural resources*. Volin. amulets. (in Ukrainian)

Микитин Т. М. Регіональний ландшафтний парк «Надслучанський»: еколого-економічні передумови раціонального природокористування : монографія. Рівне : Волин. береги, 2017. 246 с.

National Parks WMS. (2023). The official portal for European data | data.europa.eu. Retrieved April 13, 2024, from <https://data.europa.eu/data/datasets/dd49e02c-ea87-4ffc-89dd-f888608d95b7?locale=en>

On the Nature Reserve Fund of Ukraine, Law of Ukraine No. 2456-XII: as of January 1, 2024 (2024). Retrieved February 11, 2024, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> (in Ukrainian)

Про природно-заповідний фонд України : Закон України від 16.06.1992 р. № 2456-XII : станом на 1 січ. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> (дата звернення: 11.02.2024).

Plantae 2022. In UkrBIN: Ukrainian Biodiversity Information Network [public project & web application]. (2022). UkrBIN, Database on Biodiversity Information. Retrieved March 01, 2024, from: <https://ukrbin.com>.

Pryadko, O. (2004). Coenotic and floristic diversity of RLP «Mizhrichynskiy» (Chernihiv region). *Bulletin of Zaporizhzhya State University*, (1), 190–195. (in Ukrainian)

Прядко О. Ценотичне та флористичне різноманіття РЛП «Міжрічинський» (Чернігівська область). *Вісник Запорізького державного університету*. 2004. № 1. С. 190–195.

Received: 08.03.2024. Accepted: 10.04.2024. Published: 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Свердлов В., Карпенко Ю. Флористичні та ценотичні особливості регіональних ландшафтних парків поліської частини України. *Biota. Human. Technology*. 2024. №1. С. 64-72.

Cite this article in APA style as:

Sverdlov, V., & Karpenko, Yu. (2024). Floristic and coenotic features of regional landscape parks of the Polesie of Ukraine. *Biota. Human. Technology*, 1, 64-72. (in Ukrainian).

Information about the authors:

Sverdlov V. [*in Ukrainian: Свердлов В.*]¹, Postgraduate student, email: vovasv8989@ukr.net

ORCID: 0000-0002-4079-0831

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

Karpenko Yu. [*in Ukrainian: Карпенко Ю.*]², PhD in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: yuch2011@i.ua

ORCID: 0000-0002-1703-8473 Scopus-Author ID:57225225632

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

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

²Study design, data collection.

UDC 582.5/.9:58:069.029(477.411)

Ігор Світилко, Ніна Смілянець
ІСТОРИЧНИЙ АСПЕКТ ДОСЛІДЖЕННЯ *LIQUIDAMBAR L.*:
ПЕРІОДИЗАЦІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ



Igor Svitylko, Nina Smilyanets

HISTORICAL ASPECT OF *LIQUIDAMBAR L.* RESEARCH:
PERIODIZATION AND PERSPECTIVES

DOI: 10.58407/bht.1.24.7

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. На основі аналізу архівних даних та наукових публікацій проаналізувати етапи розвитку досліджень представників роду *Liquidambar L.* в Національному ботанічному саду імені М.М.Гришка НАН України (далі – НБС), з'ясувати перспективні напрями досліджень *Liquidambar styraciflua L.* та *Liquidambar orientalis Mill.* в Україні.

Методологія. На основі історичного методу проведено аналіз розвитку досліджень *Liquidambar* в НБС, представлено з початку його заснування (1935 рік) по теперішній час: з 1935 року по 2018 рік – на основі вивчення матеріалів архіву НБС (опрацьовано близько 100 томів), з 2019 по теперішній час – за власними дослідженнями та дослідженнями співробітників НБС за їх публікаціями.

Всі особисті дані (імена, по-батькові, посади, відділи) про працівників Ботанічного саду, що висвітлено у даній публікації, подано згідно біографічного довідника «Вони будували Сад» (Chuvikina & Klymenko, 2009).

Наукова новизна. За даними архіву НБС встановлено, що перші задокументовані згадки про *Liquidambar styraciflua L.* належать до 1939 року і збереглися у розділі «Інвентарні списки рослин наукових ділянок ботанічного саду». У 1959 році з'являється інформація про вирощування іншого виду з цього роду – *Liquidambar orientalis Mill.* Це вид азійського походження, який отримано із Сухумського ботанічного саду. З 2019 року починається докладніше вивчення роду *Liquidambar*. Зокрема, на основі аналізу архівних даних та наукових публікацій, науковцями НБС виділено чотири етапи розвитку досліджень *Liquidambar* в НБС: I – початковий (1939 – 1943 рр.), який тривав майже з початку заснування Ботанічного саду та мав на меті збір посадкового матеріалу (закінчився невдало у зв'язку з Другою світовою війною); II – проєктний, який тривав з 1944 по 1949 рік, коли складено Проєкт озеленення Ботанічного саду, який включав представників роду *Liquidambar* в складі ділянки рослин Північної Америки; III – етап вирощування посадкового матеріалу та пасивного спостереження за існуючими посадками рослин роду *Liquidambar*, де фіксувалось тільки кількість рослин та основні лінійні показники (висота, діаметр стовбура та крони) (1950 – 2018 рр.); IV – має на меті всебічне вивчення видів роду *Liquidambar* в умовах урбогенного середовища та впровадження видів і культиварів в ландшафтні композиції НБС (з 2019 р. по теперішній час).

Висновки. У Національному ботанічному саду імені М.М.Гришка (НБС) проводиться всебічне вивчення *Liquidambar L.*: на основі аналізу архівних даних та наукових публікацій, науковцями НБС виділено чотири етапи розвитку досліджень *Liquidambar*, починаючи з 1939 року по сьогоднішній час. Проведено дослідження поширення *Liquidambar* та його декоративних форм в Україні. Зазначено, що використання цих дерев у озелененні міст зростає. Рекомендується використання представників роду *Liquidambar* в ландшафтному будівництві для створення груп або в якості солітерів у парках, скверах, зоопарках, лісопарках, при озелененні вулиць, бульварів, площ, прибудинкових територій, адміністративних будівель, приватних садів, в експозиціях ботанічних садів та дендропарків. Доцільно розширити дослідження *Liquidambar* з його інвазійності та лікарських властивостей в якості сировинної рослини для фармацевтичної промисловості. Перспективними напрямами досліджень є подальше збагачення колекційного фонду новими видами та формами, дослідження їх екологічних, морфологічних та фенологічних особливостей, оцінка перспективи подальшої інтродукції, пошук оптимальних умов використання в міському озелененні та паркобудівництві, розробка рекомендацій із розмноження та культивування цих рослин.

Ключові слова: декоративні деревні рослини, ботанічний сад, представники роду *Liquidambar L.*

ABSTRACT

The aims of the study. Based on the analysis of archival data and scientific publications, to analyze the stages of development of research on representatives of the genus *Liquidambar* L. in the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (hereinafter – NBG), to find out the promising directions of research on *Liquidambar styraciflua* L. and *L. orientalis* Mill. in Ukraine.

Methodology. Based on the historical method, we analyzed the development of *Liquidambar* research in the NBG, presented from the beginning of its foundation (1935) to the present: from 1935 to 2018 – based on the study of the NBG archive materials (about 100 volumes were processed), from 2019 to the present – based on our own research and research of NBG staff based on their publications.

All personal data (names, patronymics, positions, departments) about the Botanical Garden employees covered in this publication are presented according to the biographical reference book «They were building a Garden» (Chuvikina & Klymenko, 2009).

Scientific novelty. According to the NBG archive, it was found that the first documented mention of *Liquidambar styraciflua* dates back to 1939 and is preserved in the section «Inventory lists of plants of the scientific plots of the Botanical Garden». In 1959, there was information about the cultivation of another species of this genus, *L. orientalis*. This is a species of Asian origin, which was obtained from the Sukhumi Botanical Garden. In 2019, a more detailed study of the *Liquidambar* genus began. In particular, based on the analysis of archival data and scientific publications, the NBG scientists identified four stages of the development of *Liquidambar* research in the NBS: I – initial (1939–1943).), which lasted almost from the beginning of the Botanical Garden's foundation and was aimed at collecting planting material (ended unsuccessfully due to World War II); II – the design stage, which lasted from 1944 to 1949, when the Botanical Garden Landscaping Project was drawn up, which included representatives of the genus *Liquidambar* as part of the North American plant section; III – the stage of growing planting material and passive observation of existing plantings of the *Liquidambar* genus, where only the number of plants and basic linear indicators (height, trunk and crown diameter) were recorded (1950–2018); IV – aims to comprehensively study the species of the genus *Liquidambar* in an urban environment and introduce species and cultivars into the landscape compositions of the NBS (from 2019 to the present).

Conclusions. A comprehensive study of *Liquidambar* is being carried out at the M.M. Gryshko National Botanical Garden (NBG): based on the analysis of archival data and scientific publications, NBG scientists have identified four stages of development of *Liquidambar* research, starting from 1939 to the present. A study of the distribution of *Liquidambar* and its decorative forms in Ukraine was conducted. It is noted that the use of these trees in urban greening is growing. It is recommended to use representatives of the genus *Liquidambar* in landscape construction to create groups or as tapeworms in parks, squares, zoos, forest parks, in landscaping of streets, boulevards, squares, adjacent territories, administrative buildings, private estates, in expositions of botanical gardens and arboretums. It is advisable to expand the research on *Liquidambar* in terms of its invasiveness and medicinal properties as a raw material plant for the pharmaceutical industry. Promising areas of research are further enrichment of the collection fund with new species and forms, study of their ecological, morphological and phenological features, assessment of the prospects for further introduction, search for optimal conditions for use in urban landscaping and park construction, development of recommendations for the reproduction and cultivation of these plants.

Key words: ornamental woody plants, botanical garden, representatives of the genus *Liquidambar* L.

Постановка проблеми

Актуальним завданням міського озеленення є збагачення асортименту рослин з високими декоративними якостями та стійких до умов урбанізованого середовища. Такі рослини, крім естетичних функцій, сприяють поліпшенню мікрокліматичних умов, поглинають значну кількість антропогенних забруднювачів та шумів, пом'якшують режим природної інсоляції, є джерелом корисних фітонцидів та важких іонів, що в цілому забезпечує комфортне проживання (Kuznetsov et al., 2013). Зокрема, дерева першої величини, тобто понад 20 м заввишки, безумовно, відіграють значну роль у створенні композиційної структури озеленення міст. Одним з таких дерев можуть бути рослини роду *Liquidambar* L.

Метою роботи є аналіз розвитку досліджень представників роду *Liquidambar* в НБС, з'ясування перспективних напрямів досліджень

Liquidambar styraciflua L. та *Liquidambar orientalis* Mill. в Україні.

Найперші приклади інтродукції *L. styraciflua* в Україні були в західних областях та на Чорноморському узбережжі Криму. Дослідження поширення *L. styraciflua* дають підстави стверджувати, що рослини цього виду при відповідності екологічних чинників можуть рости по всій території України (Smilyanets & Svitylko, 2021a). *L. styraciflua* завдяки багатьом декоративним якостям заслугоує широкого використання в озелененні міст. Рослини цього виду мають багату палітру забарвлення листків від яскраво-червоного до бордового чи фіолетового або одночасно усіх кольорів на одній рослині восени, вирізняються різноманіттям форм крони від колоноподібних, кулястих до кущоподібних; фактурністю кори; оригінальністю листків та плодів.

Проте на своїй батьківщині (Північна Америка) *L. styraciflua* використовувався як

сировина для деяких лікарських засобів, для виробництва гуми, як ароматизатор (добування амбри). Деревина використовується у виготовленні меблів. Завдяки його смолі винайшли полістирол.

В Україні рекомендується використовувати представників роду *Liquidambar* в міських парках, садах, скверах, для озеленення автотранспортних систем, у вигляді солітерів, декоративних груп, алей. Ці рослини відносно морозостійкі, витримують короточасні заморозки до -20°C , дуже вимогливі до вологості ґрунту, погано витримують сухість ґрунту та надлишок вапна, достатньо світлолюбні, стійкі в міських умовах (Kuznetsov et al., 2013).

Останнім часом в Україні звертають увагу на лікарські властивості цієї рослини та розглядають можливість плантаційного вирощування *L. styraciflua* як сировинної рослини для фармацевтичної промисловості (Gorbenko et al., 2022; Svitylko & Smilyanets, 2023a).

Матеріали та методи дослідження

Рід *Liquidambar* L. належить до родини *Altingiaceae* і включає декілька видів, деякі з них виявлено в Україні: *Liquidambar styraciflua* L., *Liquidambar orientalis* Mill., *Liquidambar formosana* Hanse. Найпоширеніший в Україні вид – *L. styraciflua*, природний ареал якого – східна частина Північної Америки (Флорида, Огайо, Індіана, Оклахома, Мексика). В Україні культивується в парках і ботанічних садах Львова, Ужгорода, Чернівців, Києва, Симферополя, Ялти (Kokhno et al., 2002).

Використання історичного методу дозволило провести аналіз розвитку досліджень *Liquidambar* в Національному ботанічному саду імені М.М.Гришка НАН України (далі – НБС) представлено з початку його заснування (1935 рік) по теперішній час: з 1935 року по 2018 рік – на основі вивчення матеріалів архіву НБС (опрацьовано близько 100 томів), з 2019 по теперішній час – за власними дослідженнями та дослідженнями співробітників НБС за їх публікаціями.

Всі особисті дані (імена, по-батькові, посади, відділи) про працівників Ботанічного саду, що висвітлено у даній публікації, подано згідно біографічного довідника «Вони будували Сад» (Chuvikina & Klymenko, 2009).

Результати дослідження

Досліджуючи архівні матеріали НБС, з'ясовано, що перші задокументовані згадки про *Liquidambar styraciflua* L. належать до 1939 року і збереглися у розділі «Інвентарні списки рослин наукових ділянок ботанічного саду». Таким чином, зафіксовано, що 29 червня 1939 року

отримано з Вашингтону насіння *L. styraciflua*. Його висіяли 1 липня цього ж року, сходи з'явилися 15 липня, розпікували 14 серпня (Inventory, 1939). Подальші згадки про ці рослини відсутні. Найвірогідніше, рослини загинули під час окупації Києва у Другій світовій війні, коли було втрачено більшість колекцій Ботанічного саду.

Вже після звільнення України, у 1944 році розроблено Проєкт озеленення Ботанічного саду. У Пояснювальній записці до нього тодішній завідувач відділу дендрології Олексій Лаврентійович Липа зробив обґрунтування створення ділянки «Північна Америка», де заплановано представити дендрофлору Північної Америки. Цю ділянку запропоновано розмістити на двох великих котловинах: Землянсько-Видубецька і Проліскова, які спускаються на схід до Дніпра, розділені Іонінським мисом. В Землянсько-Видубецькій котловині планувалось розмістити ділянку рослин Північно-Східних штатів Північної Америки і Східної Канади. В Пролісковій котловині заплановано представити рослинність Північно-Західних штатів Північної Америки (Британська Колумбія, Орегон, Вашингтон) і ділянку прерій. Рослини пропонувалось висаджувати групами, тому було визначено 35 декоративних груп. До групи №22 запропоновано включити амброве дерево – *L. styraciflua*, яке рекомендовано висаджувати у захищеному місці (Documents, 1944).

З метою здійснення подальшої повоєнної розбудови Ботанічного саду, збирають і вирощують посадковий матеріал для облаштування експозицій. У розсадниках (Голосіївський, Дарницький) вирощують велику кількість рослин різних видів. Мобілізація посадкового матеріалу дає свої результати, і уже восени 1946 року для створення ділянки «Північна Америка» в Ботанічному саду висаджено 7379 деревних рослин (Lists, 1946), але рослин роду *Liquidambar* серед них немає, через те, що на даний момент посадковий матеріал чи насіння цих рослин в Україні відсутні.

Проте, продовжується розбудова експозиційних і колекційних ділянок, для якої обґрунтовано потреби в посадковому матеріалі та створено списки видового складу рослин на ділянках дендрарію. У 1949 році у пояснювальній записці до Проєкту озеленення Ботанічного саду складено «Список видового складу дендрарію з зазначенням необхідної кількості саджанців і площ для кожного роду та родини» (Documents, 1949). Так як рід *Liquidambar* за тогочасною систематикою входив до родини *Hamamelidaceae*, можемо навести ці дані повністю (табл.1).

Таблиця 1

**Список видового складу дендрарію (родина *Hamamelidaceae*)
з зазначенням необхідної кількості саджанців і площ для кожного роду**

Назва родини і роду	Кількість видів і форм	Кількість видів і форм		Кількість саджанців		Площа для розміщення рослин роду, м ²	
		дерева	кущі	дерева	кущі	дерева	кущі
<i>Hamamelidaceae</i>							
<i>Liquidambar</i>	1	1	-	40	-	150	-
<i>Parrotia</i>	1	-	1	-	50	-	50
<i>Fothergilla</i>	3	-	3	-	150	-	150
<i>Corylopsis</i>	3	-	3	-	150	-	150
<i>Fortunearia</i>	1	-	1	-	50	-	150
<i>Sinowilsonia</i>	1	1	-	40	-	150	-
<i>Hamamelis</i>	2	-	2	-	100	-	100

Таким чином, у 1949 р. для створення ділянки «Північна Америка» рекомендовано один вид з роду *Liquidambar*. Це найімовірніше *L. styraciflua*, так як тільки цей вид має північно-американське походження. 40 дерев цього виду заплановано висадити на площі 150 м².

Наступного року, у 1950 році розпочато вирощування посадкового матеріалу *L. styraciflua* для створення експозиції цієї ділянки. Так, при інвентаризації рослин розсадника дендрології на 1 серпня 1951 року завідувачем відділу дендрології, доктором біологічних наук, професором Леонідом Івановичем Рубцовим зареєстровано 314 саджанців *L. styraciflua* у віці одного року (походження невідоме). У примітці до особливостей вирощування цих рослин зазначено, що вони можуть вимерзнути (Inventory, 1951). Подальша інформація про рослини виду *L. styraciflua* в архівах НБС відсутня.

У 1956 році Ботанічний сад спільно з Інститутом лісу розробив рекомендації «Асортимент деревних та кущових порід, рекомендованих для озеленення міст та робочих селищ Української РСР», де запропоновано використо-

увати два види з роду *Liquidambar*: *L. styraciflua* та *L. orientalis* для Карпатської області, Правобережного Лісостепу (Західна частина), Правобережного степу (біля води), Примор'я на багатих ґрунтах, в алейних посадках (бульвари), групи в скверах, парках, лісопарках, солітерні та партерні посадки (Planting, 1956).

У 1959 році з'являється інформація про вирощування ще одного виду цього роду – *L. orientalis*. Це вид азійського походження, який отримано із Сухумського ботанічного саду (Inventory, 1959). Так, молодшим науковим співробітником відділу дендрології Марією Олександрівною Касаєвою внесено в списки рослин дендрарію 10 дерев віком 9 років та описано деякі таксаційні характеристики цих рослин: висота 483 см, діаметр крони 315 см, діаметр стовбуру біля основи 6,5 – 12,0 см. У подальшому *L. orientalis* фіксується під час інвентаризації в 1962, 1964, 1965 рр. (табл. 2). (Planting, 1962; Inventory, 1964).

Таблиця 2

**Характеристика рослин *Liquidambar orientalis* Mill.
під час проведення інвентаризацій у 1959 – 1965 рр.**

Рік	№ з.п.	Реєстраційний номер	Кількість рослин, шт.	Вік, роки	Розмір			Походження
					висота, см	діаметр стовбуру біля основи, см	діаметр крони, см	
1959	48/190	42701	10	9	483	6,5-12,0	315	Сухумі, Ботсад
1962	525	42701	10	12	620	18,0	Дані відсутні	Сухумі, Ботсад
1964	567	42701	9	14	580	19,0	Дані відсутні	Сухумі, Ботсад
1965	593	42701	9	15	800	14,0-20,0	Дані відсутні	Сухумі, Ботсад

З 2019 року починається докладніше вивчення роду *Liquidambar*. Зокрема, на основі аналізу архівних даних та наукових публікацій, науковцями НБС виділено чотири етапи розвитку досліджень *Liquidambar* в НБС:

I – початковий (1939 – 1943 рр.), який тривав майже з початку заснування Ботанічного саду та мав на меті збір посадкового матеріалу (закінчився невдало у зв'язку з Другою світовою війною);

II – проектний, який тривав з 1944 по 1949 рік, коли складено Проект озеленення Ботанічного саду, який включав представників роду *Liquidambar* в складі ділянки рослин Північної Америки;

III – етап вирощування посадкового матеріалу та спостереження за існуючими посадками рослин роду *Liquidambar*, де фіксувалось тільки кількість рослин та основні лінійні показники (висота, діаметр стовбура та крони) (1950 – 2018 рр.);

IV – цей етап має на меті всебічне вивчення видів роду *Liquidambar* в умовах урбогенного середовища та впровадження видів і культиварів у ландшафтні композиції НБС, триває з 2019 р. по теперішній час (Svitylko, 2020; Smilyanets & Svitylko, 2020; Svitylko & Smilyanets, 2023a).

З метою дослідження видового складу та поширення роду *Liquidambar* в Україні науковцями НБС проведено скринінг понад 50 установ (ботанічні сади, дендропарки, парки, сквери) України. Зафіксовано *L. styraciflua* – в близько 30 ботанічних садах, парках, скверах тощо; *L. formosana* – в 2 ботанічних садах; а також декоративні форми *L. styraciflua* 'Variegata pendula' – в одному дендропарку; *L. styraciflua* 'Worplesdon' – в озелененні міського парку; *L. styraciflua* 'Pasquali' – в озелененні міського парку.

Автори рекомендують використання представників роду *Liquidambar* в ландшафтному будівництві для створення груп або в якості солітерів у парках, скверах, зоопарках, лісопарках, при озелененні вулиць, бульварів, площ, прибудинкових територій, адміністративних будівель, приватних садиб, в експозиціях ботанічних садів та дендропарків (Smilyanets & Svitylko, 2021a). До прикладу, у Києві останнім часом використання *L. styraciflua* набуває популярності: у м. Київ найчастіше його використовують у парках та скверах у якості невеликих груп або солітерів. Це: парк «Наталка» – алейна посадка вздовж доріжки із 7 рослин *L. styraciflua*; Київський зоопарк – 7 рослин, висаджених двома групами; парк «Тельбін» – 6 рослин – дві групи по 3 рослини; парк Гейдара Алієва – солітерні посадки: 2 окремо висаджених дерева; парк «Партизанської слави» – 18 екземп-

лярів *L. styraciflua*; Ботанічний сад Національного університету біоресурсів і природокористування України – чотири рослини у групі. Зустрічаються насадження *L. styraciflua* у вуличному озелененні. Так, доволі успішно ці рослини ростуть уже декілька років вздовж вул. Будівельників – 93 дерева, висаджених по обидва боки вулиці. Все частіше *L. styraciflua* використовують в озелененні приватних садиб (Smilyanets & Svitylko, 2021b). Позитивний досвід використання представників роду *Liquidambar* зафіксовано в наступних областях України: Закарпатська (м. Ужгород, с. Березинка), Тернопільська (м. Кременець), Львівська (м. Львів), Дніпропетровська (м. Дніпро, м. Кривий Ріг), Київська (м. Київ, м. Буча, м. Бориспіль, смт. Ворзель, с. Жукін), Черкаська (м. Умань), Чернівецька (м. Чернівці), Харківська (м. Харків), Донецька (м. Краматорськ), а також в Автономній республіці Крим (м. Ялта) (Svitylko & Smilyanets, 2022).

Значна різноманітність декоративних форм *L. styraciflua*, яких за даними Міжнародного дендрологічного товариства налічується понад 50 (Trees and Shrubs Online, 2024), спонукала до вивчення формового різноманіття *L. styraciflua* в Україні. Таким чином, в розсадниках та садових центрах знайдено 16 декоративних форм *L. styraciflua* (Smilyanets & Svitylko, 2021b).

На сьогоднішній день в НБС росте три рослини роду *Liquidambar*: дві – в колекції лабораторії лікарських рослин та одна – у відділі дендрології.

Науковці НБС продовжують дослідження рослин роду *Liquidambar* та їх поширення в Україні. Зокрема, проведено дослідження з інвазійності *L. styraciflua* (Svitylko & Smilyanets, 2023b), насінної продуктивності та охарактеризовано основні якісні характеристики насіння, також проведено анатомічні та мікроморфологічні дослідження насіння, продовжується робота із впровадження рослин роду *Liquidambar* в озеленення та експозиційно-колекційні ділянки НБС.

Висновки

У Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка (НБС) проводиться всебічне вивчення *Liquidambar* L.: на основі аналізу архівних даних та наукових публікацій, науковцями НБС виділено чотири етапи розвитку досліджень *Liquidambar*, починаючи з 1939 року по сьогоднішній час. Проведено дослідження поширення *Liquidambar* та його декоративних форм в Україні. Зазначено, що використання цих дерев у озелененні міст зростає. Рекомендується використання представників роду *Liquidambar* в ландшафтному будівництві для створення груп або в якості

солітерів у парках, скверах, зоопарках, лісопарках, при озелененні вулиць, бульварів, площ, прибудинкових територій, адміністративних будівель, приватних садиб, в експозиціях ботанічних садів та дендропарків. Доцільно розширити дослідження *Liquidambar* з його інвазійності та лікарських властивостей в якості сировинної рослини для фармацевтичної промисловості. Перспективними напрямками досліджень є подальше збагачення колекцій-

ного фонду новими видами та формами, дослідження їх екологічних, морфологічних та фенологічних особливостей, оцінка перспективи подальшої інтродукції, пошук оптимальних умов використання в міському озелененні та паркобудівництві, розробка рекомендацій із розмноження та культивування цих рослин.

References

- Chuvikina, N. V., & Klymenko, S. V. (2009). *They were building a Garden: biographical guide*. 22, 24, 41. (in Ukrainian)
 Чувікіна Н.В., Клименко С.В. Вони будували Сад: біографічний довідник. Київ: Цукор України, 2009. С. 22, 24, 41.
- Documents on the organization of the Botanical Garden construction (explanatory note to the landscaping project). (1949). *Archive of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Description 1, No. 57, 75. (in Ukrainian)
 Документи про організацію будівництва Ботанічного саду (пояснювальна записка до проекту озеленення). 1949. *Архів Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка НАН України*. Оп. 1. Спр. 57. Арк. 75.
- Documents on the organization of the construction of the Botanical Garden (explanatory note to the landscaping project). (1944). *Archive of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Description 1, No. 5, 78–109. (in Ukrainian)
 Документи по організації будівництва Ботанічного саду (пояснювальна записка до проекту озеленення). 1944. *Архів Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка НАН України*. Оп. 1. Спр. 5. Арк. 78–109.
- Gorbenko, N. S., Lysiuk, R. M., Zayachuk, V. Y., Henyk, Y. V., & Lysiuk, O. M. (2022). Species of the genus *Liquidambar* L. of the flora of Ukraine as valuable introductions – current state and prospects for use. Printing house of V.M. Guliaiev, (2), 122–127. (in Ukrainian)
 Горбенко Н.С., Лисюк Р.М., Заячук В.Я., Генік Я.В., Лисюк О.М. Види роду ліквідамбар (*Liquidambar* L.) флори України як цінні інтродуценти – актуальний стан та перспективи використання. Обухів: друкарня ФОП Гуляєва В.М., 2022. т.2. С. 122–127.
- Inventory lists of plants of scientific plots of the Botanical Garden. (1939). *Archive of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Description 1, No. 3, 49. (in Ukrainian)
 Інвентарні списки рослин наукових ділянок ботанічного саду. 1939. *Архів Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка НАН України*. Оп. 1. Спр. 3. Арк. 49.
- Inventory lists of plants of scientific plots of the Botanical Garden. (1951). *Archive of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Description 1, No. 97, 91. (in Ukrainian)
 Інвентарні списки рослин наукових ділянок ботанічного саду. 1951. *Архів Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка НАН України*. Оп. 1. Спр. 97. Арк. 91.
- Inventory of green spaces in the botanical garden. (1964). *Archive of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Description 1, No 343, Volume 1, 48. (in Ukrainian)
 Інвентаризація зелених насаджень в ботанічному саду. 1964. *Архів Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка НАН України*. Оп. 1. Спр. 343. Т. 1. Арк. 48.
- Inventory of plants in the scientific plots of the botanical garden. (1959). *Archive of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Description 1, No. 233, Volume 2, 6. (in Ukrainian)
 Інвентаризація рослин на наукових ділянок ботанічного саду. 1959. *Архів Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка НАН України*. Оп. 1. Спр. 233. Т. 2. Арк. 6.

- Kokhno, M. A., Parkhomenko, L. I., Zarubenko, A. U. et al. (2002). The genus *Liquidambar* L. *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs*. Part I. Handbook. Phytosociocentr. pp. 123–124. (in Ukrainian)
Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні: довідник / Кохно М.А. та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2002. Ч. I. С.123, 124.
- Kuznetsov, S. I., Levon, F. M., & Pushkar, V. V. (2013). *Assortment of trees, shrubs and vines for landscaping in Ukraine*. COMPRINT. (in Ukrainian)
Кузнецов С.І., Левон Ф.М., Пушкар В.В. Асортимент дерев, кущів та ліан для озеленення в Україні. Київ: ТЦ «КОМПРИНТ», 2013. 256 с.
- Lists of plants, planting lists, inventory lists of plants and shrubs of the Botanical Garden of the NASU. (1946). *Archive of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Description 1, No. 24, 60–71. (in Ukrainian)
Списки рослин, посадкові відомості, інвентарні списки рослин та кущів Ботанічного саду НАНУ. 1946. *Архів Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка НАН України*. Оп. 1. Спр. 24. Арк. 60–71.
- Planting information on plants in the botanical garden. (1956). *Archive of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Description 1, No. 180, 22. (in Ukrainian)
Посадкові відомості на рослини на ділянках ботанічного саду. 1956. *Архів Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка НАН України*. Оп. 1. Спр. 180. Арк. 22.
- Planting lists of plants in the botanical garden. (1962). *Archive of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Description 1, No. 294, 33. (in Ukrainian)
Посадкові відомості рослин на ділянках ботанічного саду. 1962. *Архів Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка НАН України*. Оп. 1. Спр. 294. Арк. С.33.
- Smilyanets, N. M., & Svitylko, I. M. (2020, September 22–24). Theoretical and practical prerequisites for research of the genus *Liquidambar* L. in M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Proceedings of the International of science conference «Fundamental and applied aspects of plant introduction in conditions of global environmental changes»*, Kyiv, Ukraine. 172–175. (in Ukrainian)
Смілянecь Н.М., Світилко І.М. Теоретичні та практичні передумови досліджень роду *Liquidambar* L. у Національному ботанічному саду імені М.М.Гришка Національної академії наук України. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища: мат. Міжнар. наук. конф., м. Київ, 22–24 вересня 2020 р. Київ, 2020. С.172–175.*
- Smilyanets, N. M., & Svitylko, I. M. (2021a). Species composition and distribution of the genus *Liquidambar* L. (*Altingiaceae*) in Ukraine. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, 274–277. <https://doi.org/10.37555/27073114.1.2021.247728> (in Ukrainian)
Смілянecь Н.М., Світилко І.М. Видовий склад та поширення роду *Liquidambar* L. (*Altingiaceae*) в Україні. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2021. С. 274–277. DOI: <https://doi.org/10.37555/27073114.1.2021.247728>
- Smilyanets, N. M., & Svitylko, I. M. (2021b). The use of *Liquidambar styraciflua* L. and its decorative forms in landscaping of the urbanized environment. *Collection of articles of the All-Ukrainian scientific and practical readings in memory of Prof. I.I. Gordienko*. Mykola Gogol SRI. 91–93. (in Ukrainian)
Смілянecь Н.М., Світилко І.М. Використання *Liquidambar styraciflua* L. та його декоративних форм в озелененні урбанізованого середовища. *І Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті проф. І.І.Гордієнка: збірник статей*. Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя, 2021. С. 91–93.
- Svitylko, I. M. (2020). The stages of studying *Liquidambar* L. in Ukraine – prospective trees for greening urban environments. *Collection of scientific papers «Problems and prospects of the development of modern science in the countries of Europe and Asia»*, SAB. Grup. 6–7.
- Svitylko, I. M., & Smilyanets, N. M. (2022). The genus *Liquidambar* L. in Ukraine. *Proceedings of the 6th All-Ukrainian Plein Air on Natural Sciences* (June 25–26, 2022, Odesa, Ukraine), pp. 75–77. (in Ukrainian)
Світилко І.М., Смілянecь Н.М. Рід *Liquidambar* L. в Україні. Матеріали VI-го всеукраїнського пленеру з питань природничих наук, 25–26 червня 2022 р. Одеса: Одеський держ. еколог. університет, 2022. С. 75–77.

Svitylko, I. M., & Smilyanets, N. M. (2023a). Historical prerequisites for the introduction of *Liquidambar L.* in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Proceedings of the Fifth All-Ukrainian Scientific and Practical Conference «European integration of environmental policy of Ukraine»* (October 25–26, 2023, Odesa, Ukraine), pp. 501–505. (in Ukrainian)

Світилко І.М., Смілянець Н.М. Історичні передумови інтродукції *Liquidambar L.* в Правобережному Лісостепу України *Євроінтеграція екологічної політики України: матеріали П'ятої Всеукраїнської науково-практичної конференції* (м. Одеса, 25–26 жовтня, 2023). Одеса. С. 501–505.

Svitylko, I., & Smilyanets, N. (2023b). Determination of invasiveness of representatives of the genus *Liquidambar L.* in connection with the introduction to Ukraine. *Proceedings of the All-Ukrainian scientific and practical conference, on the occasion of the 10th anniversary of the National Nature Park «Male Polissya» «Objects of the nature reserve fund of Ukraine: current state and ways to ensure their effective operation»* (August 3–4, 2023, Slavuta, Ukraine), pp. 293–295. <https://doi.org/10.61584/3-4-08-2023>. (in Ukrainian)

Світилко І., Смілянець Н. З'ясування інвазійності представників роду *Liquidambar L.* у зв'язку з інтродукцією в Україну. *Об'єкти природно-заповідного фонду України: сучасний стан та шляхи забезпечення ефективної їх діяльності: збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції, з нагоди 10-ї річниці Національного природного парку «Мале Полісся»* (м. Славута, Хмельницька обл., 3–4 серпня 2023 р.). Славута, 2023. С. 293–295. <https://doi.org/10.61584/3-4-08-2023>

Trees and Shrubs Online. International Dendrology Society. *Liquidambar styraciflua L.* Retrieved April 04, 2024, from <https://treesandshrubsonline.org/articles/liquidambar/liquidambar-styraciflua/>

Received: 05.03.2024. **Accepted:** 17.03.2024. **Published:** 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Світилко І., Смілянець Н. Історичний аспект дослідження *Liquidambar L.*: періодизація та перспективи. *Biota. Human. Technology*. 2024. №1. С. 73-80.

Cite this article in APA style as:

Svitylko, I., & Smilyanets, N. (2024). Historical aspect of *Liquidambar L.* research: periodization and perspectives. *Biota. Human. Technology*, 1, 73-80. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Svitylko I. [*in Ukrainian: Світилко І.*]¹, Ph.D. student, email: igorsvitylko@gmail.com

ORCID: 0009-0002-6112-8019

Landscape construction department, M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

1 Sadovo-Botanichna street, Kyiv, 01014, Ukraine

Smilyanets N. [*in Ukrainian: Смілянець Н.*]², Ph.D. in Biol. Sc., senior researcher, email: n.smilyanets@nas.gov.ua

ORCID: 0009-0002-8471-263X

Landscape construction department, M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

1 Sadovo-Botanichna street, Kyiv, 01014, Ukraine

¹ Data collection, analysis, manuscript preparation

² Study design, manuscript preparation

UDC 582.970:581.144.3(477)

Валерія Павленко-Баришева, Оксана Футорна, Владислава Баданіна

УЛЬТРАСТРУКТУРА ПОВЕРХНІ ЛИСТКІВ ВИДІВ РОДУ *VIBURNUM* L. ФЛОРИ УКРАЇНИ



Valeria Pavlenko-Barysheva, Oksana Futorna, Vladyslava Badanina

SURFACE ULTRASTRUCTURE OF LEAVES OF THE SPECIES *VIBURNUM* L. OF THE FLORA OF UKRAINE

DOI: 10.58407/bht.1.24.8

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Дослідження ультраструктури поверхні листової пластинки видів роду *Viburnum* L. флори України: *V. opulus* L., *V. lantana* L., *V. tinus* L. у зв'язку з необхідністю відбору стрес витривалих високо-декоративних рослин за для озеленення антропогенно трансформованих урболандшафтів.

Методологія. Матеріали відібрані в Гербарії Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного (KW) та Гербарій Львівського університету імені Івана Франка (LW) з різних точок ареалу. Використані методи світлової та сканувальної електронної мікроскопії.

Наукова новизна. За допомогою методів світлов і та сканувальної електронної мікроскопії детально досліджено ультраструктуру поверхні листків трьох видів роду *Viburnum* флори України. Встановлено ознаки, за якими види розрізняються. Серед таких ознак *рельєф листової пластинки*: у *V. opulus* рельєф остеогребінчастий на адаксиальній поверхні та гребнеохолплювальний на абаксиальній; у *V. tinus* – горбкуватий та дрібногорбкуватий (відповідно), у *V. lantana* – остеогребінчастий на обох поверхнях. Крім того, види розрізняються *типом кутикули* (у *V. tinus* кутикула гладенька, у двох інших видів – складчаста); *типом та ступенем розвитку епікутикулярного воску*. Кристалоїдний віск спостерігається у всіх видів, проте у *V. opulus* він представлений гранулами, у двох інших видів – пластинками, зрідка гранулами. Кірка зустрічається зрідка у *V. opulus* та *V. tinus*. Найбільшу кількість воскових відкладів мають листові пластинки *V. tinus*, найменшу – *V. opulus*. Розміщення воскових відкладів неоднорідне.

Висновки. Вивчена мікроморфологічна будова ультраструктури листової пластинки трьох видів роду *Viburnum* флори України. В результаті аналізу мікроморфологічних особливостей листка виявлені спільні для видів ознаки, та такі, за якими вони чітко розрізняються. Досліджені види характеризуються гіпостоматичним типом листової пластинки, парацитними продихами, добре розвиненим епікутикулярним воском, більш інтенсивним опушенням на адаксиальній поверхні. Відмінними ознаками є рельєф поверхні, типи воскових відкладів, тип трихом (у *V. opulus* та *V. lantana* наявні 3-5-осьові зірчасті трихоми, у *V. tinus* такі трихоми відсутні; лише у *V. lantana* наявні залозки) та їх локалізація, тип та співвідношення продихових апаратів (у *V. opulus* переважають аномоцитні продихи, *V. lantana* – парацитні, *V. tinus* наявні лише – парацитні).

Ключові слова: листки, ультраструктура поверхні, СЕМ, флора України, *Viburnum* L.

ABSTRACT

The aims of the study. The aim is to carry out the investigation of the ultrastructure of the surface of the leaf blade of species of the genus *Viburnum* L. flora of Ukraine. *V. opulus* L., *V. lantana* L., *V. tinus* L. due to the necessity of selection of the stress-resistant highly decorative plants for greening anthropogenically transformed urban landscapes was examined.

Methodology. The materials were selected from Herbarium of M.G. Kholodny the Institute of Botany (KW) and Herbarium of Ivan Franko National University of Lviv (LW) from different points of the range. Light and scanning electron microscopy methods were used for the research.

Scientific novelty. The ultrastructure of the surface of the leaves of three species of the genus *Viburnum* L. of the flora of Ukraine was studied using the methods of light and scanning electron microscopy. Signs by which species are distinguished have been established. Thus, the species are clearly distinguished by the type of cuticle (in *V. tinus* the cuticle is smooth, in the other two species – folded); type of relief of the leaf blade: in *V. opulus*, the relief is ossiform ridges on the adaxial surface and captor – ridger surface on the abaxial surface; in *V. tinus* – tuberculate type and colliculate type (respectively), in *V. lantana* – ossiform ridges on both surfaces. In addition, the species differ in the type and degree of development of epicuticular wax. Crystalloid wax is observed in all species, but in *V. opulus* it is represented by granules,

in the other two species – plates, occasionally granules. Crusts occur occasionally in *V. opulus* and *V. tinus*. The leaf plates of *V. tinus* have the largest number of wax deposits, the smallest – *V. opulus*.

Conclusions. The micromorphological structure of the ultrastructure of the leaf blade of three species of the genus *Viburnum* of the flora of Ukraine was studied. As a result of the analysis of the micromorphological features of the leaf, features common to the species and those by which they are clearly distinguished were revealed. Thus, studied species are characterized by a hypostomatic type of leaf plate, paracytic stomata, well-developed epicuticular wax, more intense pubescence on the adaxial surface.

Distinctive features are the relief of the surface, the type of epicuticular wax, the type of trichomes (in *V. opulus* and *V. lantana* there are 3-5-axis stellate trichomes, in *V. tinus* there are no such trichomes; only in *V. lantana* there are glands) and their localization, type and ratio of stomata (anomocytic stomata predominate in *V. opulus*, paracytic stomata in *V. lantana*, only paracytic stomata present in *V. tinus*).

Key words: leaves, ultrastructure of surface, SEM, flora of Ukraine, *Viburnum* L.

Постановка проблеми

В умовах глобальних змін клімату озеленення антропогенно трансформованих урболандшафтів потребує нового підходу для науково обґрунтованого підбору стрес витривалих та стійких до негативного впливу «міського острова тепла», техногенних навантажень та біопшкоджень високодекоративних рослин (Taran et al., 2018) з представників як аборигенних, так й інтродукованих видів флори України.

Серед видів роду Калина (*Viburnum*) вічнозелені, напіввічнозелені та листопадні дерева та кущі; зимоквітучі та весняноквітучі види; рослини, що плодоносять восени, і зберігаючи плоди на рослині до весни особливо декоративні в зимовий період.

Майже всі калини невибагливі і добре ростуть, практично, на будь-якому ґрунті, включаючи вапняковий. Дослідження П.П. Чуваєва та ін. показали, що видам роду *Viburnum* властива висока стійкість до шкідливих викидів нафтохімічного виробництва, вони витримують запиленість і загазованість міського середовища, виділяють фітонциди, тому їх необхідно ширше використовувати для озеленення урбанізованого і техногенного середовища (Zayachuk & Cibulya, 2013).

Враховуючи сучасні різкі коливання умов зростання рослин, викликані глобальними змінами клімату та урбанізацією середовища, технології озеленення міст передбачають здійснення підбору видів не лише за декоративними, але й за адаптаційними ознаками на основі морфофізіологічних та анатомічних досліджень, у тому числі мікроморфологічних досліджень листових пластинок із залученням методів електронної скануючої мікроскопії, методу кореляційних плеяд, бездеградаційного методу на основі фенотайпінгу флуоресценції хлорофілів, стану продигового апарату (Svietlova et al., 2018, Svetlova et al., 2020; Demchenko et al., 2019; Futorna et al., 2019).

З огляду на це, **мета роботи:** дослідити ультраструктуру поверхні листової пластинки видів роду *Viburnum* L. флори України: *V. opulus* L., *V. lantana* L., *V. tinus* L. у зв'язку з необхідністю підбору стрес витривалих високодекоративних рослин для озеленення антропогенно трансформованих урболандшафтів.

Рід *Viburnum* L. був описаний К. Ліннеєм, проте представники роду відомі з давніх часів, як лікарські та декоративні рослини. На сьогодні у світовій флорі налічують 193 види роду *Viburnum* (The Plant List, 2013). Найбільше різноманіття роду характерне для помірного клімату північної півкулі (Takhtajan, 1987). Для території Європи вказується 9 видів (Euro+Med, n.d.), проте в інших джерелах декілька із них зазначаються як підвиди або варіації широко розповсюджених видів (*Viburnum maculatum* Pant. = *V. lantana* (The Plant List, 2013); *Viburnum sargentii* Koehne, *Viburnum trilobum* Marshall = *V. opulus* (Tropicos)). На території України вказуються три види, з яких *V. tinus* є натуралізованим (Mosyakin, Fedoronchuk, 1999); у дендропарках та ботанічних садах України цей рід представлений значно ширше – до 22 видів (Barbarych, 1961).

Довгий період часу рід *Viburnum* відносився до родини *Caprifoliaceae* Juss. (Barbarych, 1961; Chamberlen, 1972; Ferguson, 1976). Існувала також думка, що його слід виділити в окрему родину *Viburnaceae* Raf. (Takhtajan, 1987). Підґрунтям для цього виступають наявність сочевичок на корі, тип суцвіття та зав'язі, відсутність нектарників у віночку, короткий 3-х лопатевий стовпчик, васкулярна анатомія квітки. Проте на сьогодні рід *Viburnum* разом із бузинами включено у родину *Adoxaceae* E. Mey (APG IV, 2016) і на основі молекулярного аналізу ядерної рибосомальної ITS та trnK інтронів хлоропластів побудована філогенетична кладограма роду (Donoghue et al., 2004).

Аналіз літератури, присвяченої видам даного роду, свідчить про велику кількість робіт, присвячених біохімічному складу видів, так як рід *Viburnum* включає значну кількість рослин, що мають лікарські властивості (Prabhu et al., 2009; Prabhu et al., 2011; Akyol et al., 2016; Kajszczak et al., 2020; Leontiiiev & Khvorost, 2023).

Чимала частина робіт також присвячена морфологічним дослідженням генеративних органів та пилку (Halbritter, 2017a, b; Halbritter, Svojtka, 2017; Tsymbalyuk & Bezusko, 2017). На сьогодні встановлено розмір пилкових зерен, форму апертур та скульптуру екзини, виявлено паліноморфологічні ознаки, за якими розрізняються види *Viburnum* флори України.

Група вчених дослідила структуру епідермальної тканини листкової пластинки 15 видів калин флори Тайваню (Wang et al., 2014). В результаті встановлено, що листки досліджених видів гіпостоматичні, продихи аномоцитні, рідше парацитні або парацитні та латероцитні, обриси клітин неправильні, антиклінальні стінки клітин звивисті, вигнуті або прямі, трихоми представлені залозками, одноклітинними конічними та зірчастими волосками. В роботі представлений ключ для визначення видів роду *Viburnum* за ознаками епідермальної тканини листків.

Пояркова, досліджуючи види флори СРСР, серед морфологічних ознак вказує на діагностичне значення типу та характеру опушення листків (Poiarkova, 1958). У *V. opulus* листки зверху майже голі, знизу можуть бути від опушених (f. *pubescens* Gatsch.) до майже голих та голих. У *V. lantana* листки зверху розсіяно опушені та зірчасто білувато-повстисті знизу. Листкова пластинка *V. tinus* зверху гола, натомість нижня поверхня опушена довгими конічними трихомами, локалізованими по жилці.

Наші дослідження (Badanina & Futorna, 2022) розширили відомості щодо опушення та мікроморфологічних особливостей листків *V. opulus*, а також засвідчили необхідність залучення до аналізу інших видів даного роду.

Види роду *Viburnum* флори України відносяться до трьох секцій: *Opulus* (Mill.) DC., *Viburnum* та *Tinus* (Mill.) C.B. Clarke відповідно (Donoghue et al., 2004).

Матеріали та методи досліджень

Для вивчення особливостей ультраструктури поверхні листків видів роду *Viburnum* флори України використовували матеріали, відібрані в Гербарії Інституту

ботаніки ім. М.Г. Холодного (KW) та Гербарії Львівського національного університету імені Івана Франка (LW) з різних точок ареалу. З кожного гербарного аркуша відбирали листок з середньої третини пагону. Дослідження здійснювали за допомогою світлового та сканувального електронного (JSM 6060LA) мікроскопів.

Для дослідження за допомогою світлового мікроскопа відібрані зразки витримували в мацеруючому розчині (40 мл 33% розчину перикису водню, 40 мл льодяної оцтової к-ти та 20 мл дистильованої води) 1-2 доби при кімнатній (22°C) температурі. Епідерму знімали вручну та готували тимчасові анатомічні препарати. Дослідження методом електронної скануючої мікроскопії проводили у Центрі колективного користування електронними мікроскопами НАН України Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного, для цього зразки листків фіксували на латунних столиках і напиляли тонким шаром золота у вакуумній камері, з використанням растрового електронного мікроскопу JSM-6060 LA (фірма JEOL, Японія). Описи проводились з використанням термінології, узагальненої в працях вітчизняних та зарубіжних вчених (Ezay, 1980; Baranova, 1985; Chakrabarty & Mukherjee, 1986; Barthlott et al., 1998; Krak & Mráz, 2008).

Досліджені зразки:

V. opulus:

1. Закарпатська область, Тячівський район, с. Кваш, долина р. Невелів, ялиновий ліс. 23.06.1964. Баранський О. (KW).
2. Одесская область, Белеєвський район, с. Маяки, територія астрономічної обсерваторії. 09.05.2014. Бондаренко Е. Н. (KW).
3. м. Київ, Теремки, біля дитячого саду № 513. 22.08.2018. Павленко-Баришева, В.С. (KW).
4. Луганська область, м. Рубіжне, 22.07.2018. Чусова О. (KW).
5. Луганська область, околиці м. Рубіжне, хутір Пшеничне. 26.07.2018. Чусова О. (KW).

V. lantana:

1. Чернівецька область, Кальменецький район, околиці с. Вороновиця, урочище Цимбалова (Біла) церква, ліс, схил. 151 м.н.р.м, N48°31.698' E026°42.822'. І. Ольшанський, І. Чорней, В. Буджак, А. Токарюк, М. Каземірська (KW).
2. м. Вінниця, ліси над р. Буюн. 02.07.1927. Зеров Д. (KW).
3. W lesie dębowym «Obizowa»; in querceto «Obizowa»; Dobrowlany pr. Zaleszczyki 19.05.1938. Leg J. Mađalski et K. Matusiak (LW).

4. Южноукраїнськ, 47.806270, 31.178598. Ширяєва Д. (KW).

V. tinus:

1. Pola: Macchien bei Fisella (авт. уточнення Істрія). 16.03.1901. Untchy K. (LW).

2. Крым, пос. Кореиз, Мисхорский парк. 28.06.2001. Конопля О.Н. (KW).

3. Никитский ботсад, 22 октября, 1860. (KW).

4. Крым, Никитский сад, 20.10.2018. С. Садогурская (KW).

5. Крым, пос. Никита, 20.10.2018. С. Садогурская (KW).

6. Крым, Никитский сад, у входа, 20.10.2018. С. Садогурская (KW).

Результати та їх обговорення

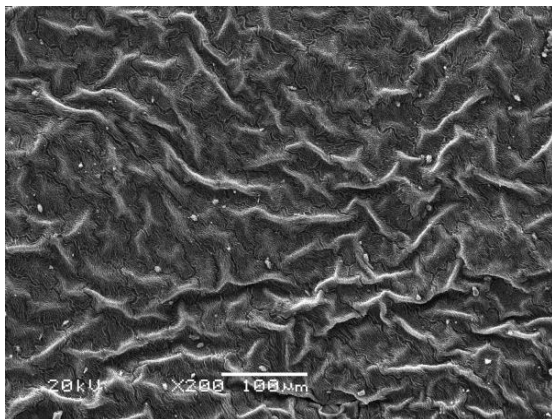
Sect. *Opulus* (Mill.) DC.

V. opulus L. Листок гіпостоматичний.

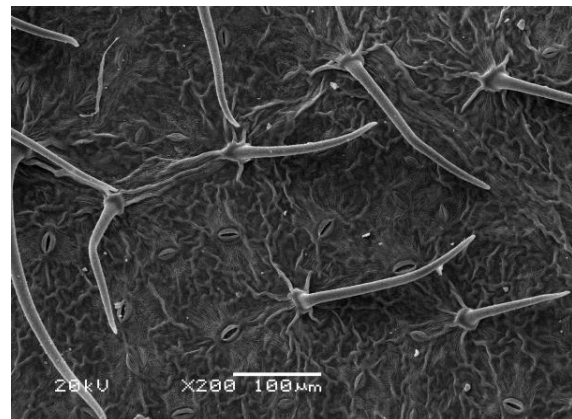
Продихи двох типів: аномоцитні та парацитні (у співвідношенні 11 : 2) добре помітні, не орієнтовані своєю довгою віссю вздовж середньої жилки листка містяться на абаксиальній поверхні, дещо вище рівня основних клітин епідерми. Замикаючі клітини продихів облямовані чітким кутикулярним валиком. Продиховий індекс

листка 12,6 %. На обох поверхнях листкової пластинки наявні поодинокі одноосьові одноклітинні довгі конічні трихоми. Кутикула складчаста. На поверхні наявний віск, представлений плівкою. Межі клітин добре проглядаються. Основні епідермальні клітини характеризуються звивистими обрисами та витягнутими проекціями. Антиклінальні епідермальні стінки не потовщені, шов між ними не проглядається. Зовнішні периклінальні стінки переважно випуклі. Рельєф адаксиальної поверхні листкової пластинки остеогребінчастий (Рис. 1А).

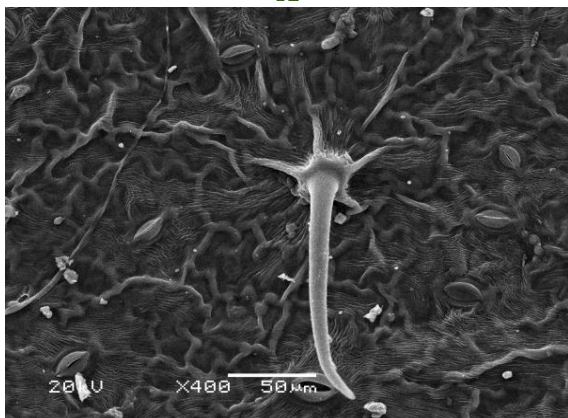
Абаксиальна поверхня відрізняється від адаксиальної. Рельєф абаксиальної поверхні листкової пластинки гребнеохоплювальний по жилкам та сітчастий між ними (Рис. 1Б). Антиклінальні стінки основних епідермальних клітин потовщені, містяться вище рівня периклінальної стінки, шов між ними не проглядається. Зовнішні периклінальні стінки плоскі. Кутикула складчаста, добре розвинена. На поверхні наявний епітикулярний віск, представлений плівкою та кристалоїдами (Рис. 1В, Г).



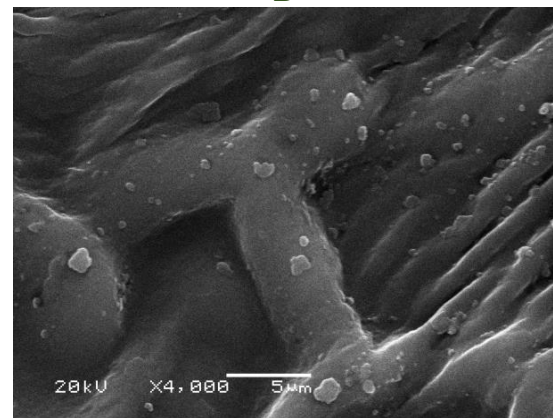
А



Б



В



Г

Рис. 1. Поверхня листкової пластинки *V. tinus*: А – адаксиальна поверхня: остеогребінчастий рельєф; Б – абаксиальна поверхня: гребнеохоплювальний рельєф; В – довга конічна трихома (абаксиальна поверхня); Г – гранули воску (абаксиальна поверхня)

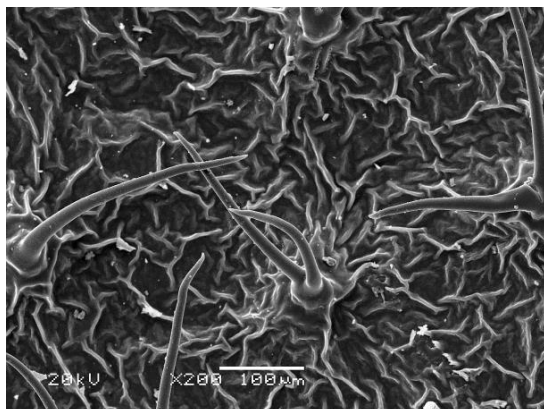
Sect. *Viburnum**V. lantana* L.

Листок гіпостоматичний. Продихи аномоцитні та парацитні (у співвідношенні 1:9) добре помітні, не орієнтовані своєю довгою віссю вздовж середньої жилки листка, містяться дещо вище рівня основних клітин епідерми на абаксіальній епідермі. Продиховий індекс 13,05%. Замикаючі клітини продихів облямовані чітким кутикулярним валиком. На обох поверхнях листової пластинки наявне незначне опушення, сформоване поодинокими 3–5 осьовими довгими одноклітинними конічними волосками (рис. 2А), багато-осьовими зірчастими волосками (рис. 2Б-В) та поодинокими залозками (рис. 2 Б, В). Багато-осьові зірчасті трихоми сформовані десятиклітинною ніжкою та різною кількістю довгих дистальних клітин (від трьох до дев'яти), багатоклітинні залозки мають шестиклітинну ніжку та одноклітинну округлу голівку. Кутикула складчаста.

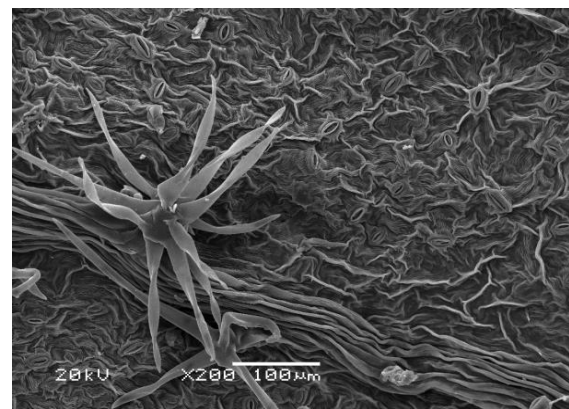
Рельєф адаксиальної поверхні листової пластинки остеогребінчастий (інколи

остеогребінчасто-зморшкуватий) (Рис. 2А). На поверхні наявний віск, представлений плівкою та кристалоподібними відкладами (рівнокраї мембраноподібні пластинки, що можуть бути розміщені відносно рівномірно по всій поверхні листової пластинки або зосереджені при основі трихом). Контури епідермальних клітин нечіткі. Опушення незначне, сформоване поодинокими одноклітинними 2-5 осьовими довгими конічними трихомами.

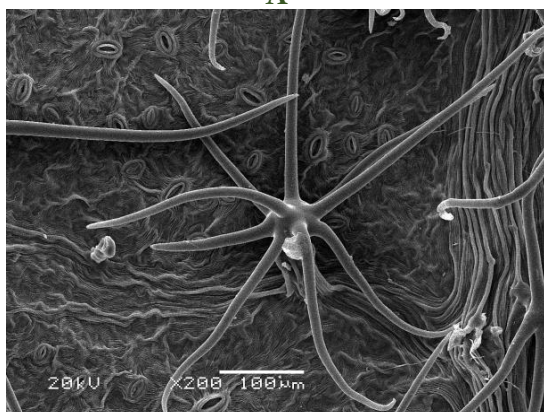
Абаксиальна поверхня не відрізняється від адаксиальної. Рельєф абаксиальної поверхні листової пластинки остеогребінчастий (Рис. 2Б). На поверхні наявний віск, представлений плівкою та рідко кристалоїдами. Кристалоїдний віск представлений цілокраїми пластинками (Рис. 2В). Межі клітин нечіткі. Конічні трихоми рівномірно розміщені на поверхні листка, залозки та зірчасті волоски зосереджені по жилках (Рис. 2).



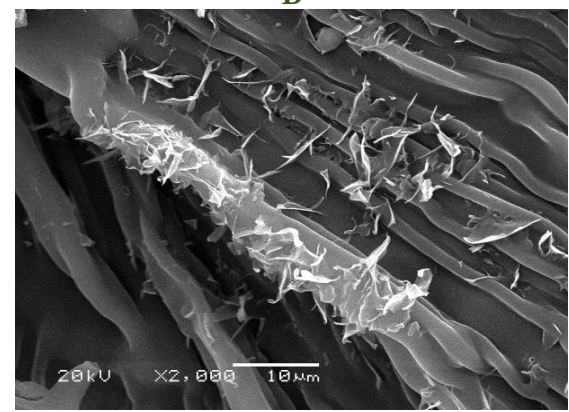
А



Б



В



Г

Рис. 2. Поверхня листової пластинки *V. lantana*: А – адаксиальна поверхня: остеогребінчастий рельєф, довгі конічні трихоми; Б – абаксиальна поверхня: остеогребінчастий рельєф; В – зірчаста та залозиста трихоми (абаксиальна поверхня); Г – кристалоїди воску (абаксиальна поверхня)

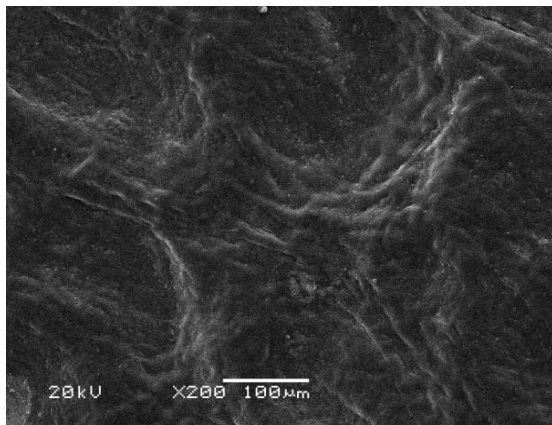
Sect. *Tinus* (Mill.) C.V. Clarke

V. tinus L.

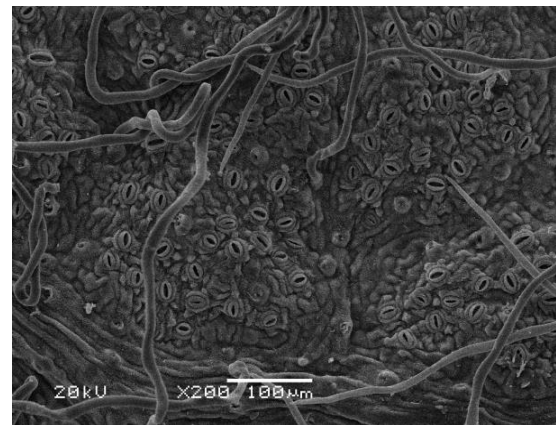
Листок гіпостоматичний. Продихи паразитні добре помітні, не орієнтовані своєю довшою віссю вздовж середньої жилки листка. Містяться вище рівня основних клітин епідерми. Продиховий індекс 10,9%. Замикаючі клітини продихів облямовані чітким кутикулярним валиком. Опушення наявне лише на абаксиальній поверхні і сформоване одноосьовими довгими конічними трихомами. Кутикула гладенька. Рельєф адаксиальної поверхні листкової пластинки горбкуватий (Рис. 3А). На поверхні наявний віск, представлений плівкою та кристалоїдами (Рис. 3Г). Межі клітин нечіткі. Опушення відсутнє.

(кірка та цілокраї пластинки), що розміщені рівномірно по всій поверхні. Межі клітин нечіткі. Опушення відсутнє.

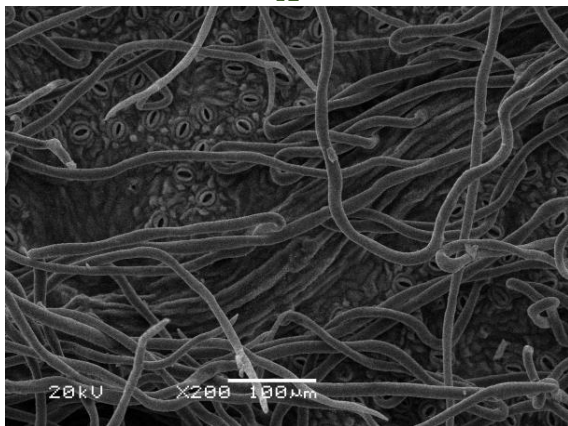
Абаксиальна поверхня відрізняється від адаксиальної. Рельєф абаксиальної поверхні листкової пластинки дрібногорбкуватий (Рис. 3Б). На поверхні наявний віск, представлений плівкою та кристалоїдами. Кристалоїдний віск представлений гранулами та зрідка кіркою (Рис. 3Г). Межі клітин нечіткі. Опушення від поодинокого до середнього, сформоване одноклітинними одноосьовими довгими конічними трихомами (Рис. 3В).



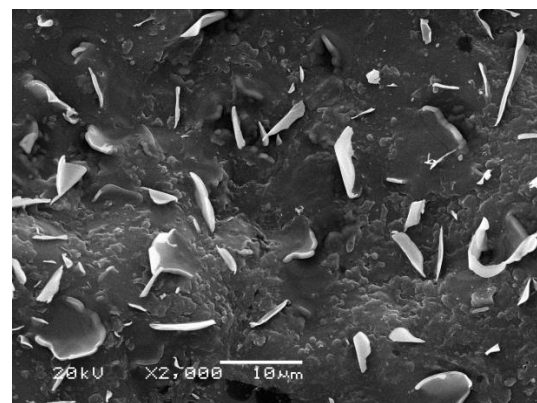
А



Б



В



Г

Рис. 3. Поверхня листкової пластинки *V. tinus*: А – адаксиальна поверхня: горбкуватий рельєф; Б – абаксиальна поверхня: дрібногорбкуватий рельєф; В – довгі конічні трихоми (абаксиальна поверхня); Г – кірка та кристалоїди воску (абаксиальна поверхня)

Таким чином, наші дослідження підтверджують та розширюють відомості щодо опушення та мікроморфологічних особливостей листків представників роду *Viburnum*. Зокрема листки всіх досліджених видів гіпостоматичні, продихи аномоцитні та парацитні або парацитні, знаходяться вище рівня основних клітин епідерми і не орієнтовані своєю довгою віссю відносно головної жилки листка. Замикаючі клітини продихів облямовані чітким кутикулярним валиком. Також всі досліджені види характеризуються звивистими обрисами та розпластаними проєкціями клітин. Основні клітини епідерми мають чіткі (абаксиальна поверхня *V. opulus*) або нечіткі контури (*V. lantana* та *V. tinus*).

На основі проведених досліджень було також встановлено основні характеристики ультраструктури поверхні досліджених видів. Встановлено ознаки, за якими види розрізняються. Серед таких ознак тип кутикули: у *V. tinus* кутикула гладенька, у двох інших видів – складчаста. Рельєф поверхні листової пластинки, яку більшість дослідників вважають сталою діагностичною ознакою (Chakrabarty & Mukherjee, 1986; Futorna et al., 2016), різний у досліджуваних видів: у *V. opulus* рельєф остеогребінчастий на адаксиальній поверхні та гребнеохоплювальний на абаксиальній; у *V. tinus* – горбкуватий та дрібногорбкуватий (відповідно), у *V. lantana* – остеогребінчастий на обох поверхнях.

Важливе таксономічне та філогенетичне значення має і продиховий апарат (Ezau, 1980; Baranova, 1985; Adedeji & Jewoola, 2008; Wang et al. 2014), структура якого є видоспецифічною ознакою. Разом з тим, вона відображає пристосування рослини до умов місцезростання (Futorna et al., 2019). У досліджених представників роду *Viburnum* наявні продихи двох типів і в залежності від виду, їх співвідношення відрізняється. Зокрема, у виду *V. opulus* переважають аномоцитні продихи (Рис. 4А), в той час як у *V. lantana* – парацитні (Рис. 4Б). Вид *V. tinus* характеризується наявністю лише парацитних продихів (Рис. 4В).

Продихові індекси за деякими даними (Adedeji & Jewoola, 2008) є важливою таксономічною та філогенетичною ознакою, а також їх можна використовувати як маркерні показники для визначення

адаптації до нових умов місцезростання (Demchenko et al., 2019). У досліджених видів продиховий індекс встановлено в межах від 10,9 до 13,05. Найбільше значення має *V. lantana* – 13,05 %, достатньо близький до нього у виду *V. opulus* – 12,6 %; найменший у середземноморського *V. tinus* – 10,9 %.

Опушення листових пластинок вважається ксероморфною ознакою і часто використовується для діагностики на секційному та видовому рівнях (Adedeji & Jewoola, 2008; Krak & Mraz, 2008; Khan et al., 2013; Futorna et al., 2016; Futorna et al., 2017). Для всіх досліджених видів калин характерна наявність довгих конічних трихом (Рис. 4Г).

Більш подібне опушення між видами *V. opulus* та *V. lantana*. Так у цих видів наявні 3-5 осьові зірчасті трихоми (Рис. 4Д), які відсутні у *V. tinus*. Також у обох видів конічні трихоми відхилені і розміщені більш менш поодинокі, в той час як у *V. tinus* вони більш тонші, довгі, притиснуті і можуть розміщуватись пучками. Абаксиальна поверхня у *V. opulus* та *V. tinus* характеризується майже повною відсутністю трихом, однак у *V. opulus* дуже рідко можуть траплятися поодинокі конічні волоски. На відміну від цих двох видів, у *V. lantana* конічні трихоми мають декілька осей. Також лише у *V. lantana* наявні залозки (Рис. 4Е) та зірчасті волоски (на адаксиальній поверхні).

Розміщення трихом також різне. У *V. opulus* та *V. lantana* конічні трихоми більш менш рівномірно розміщені по поверхні листової пластинки, в той час як у *V. tinus* вони локалізовані поблизу жилок. Виключенням можна вважати розміщення залозистих та зірчастих трихом по жилці у *V. lantana*.

Характер та тип воскових відкладів вважаються діагностично вагомими ознаками (Chakrabarty & Mukherjee, 1986; Futorna et al., 2016). Разом з тим, потужня кутикула та епікутикулярний віск можуть свідчити про адаптацію до змінюваних умов довкілля (Futorna et al., 2019). Серед досліджених видів найбільшу кількість воскових відкладів мають листові пластинки *V. tinus*, найменшу – *V. opulus*. Всі види мають воскову плівку, яка малопомітна. Кристалоїдний віск трапляється у в тій чи іншій мірі у всіх видів, проте у *V. opulus* він представлений

гранулами, у двох інших калин – пластинками і лише зрідка гранулами. Кірка зустрічається зрідка у *V. opulus* та *V. tinus*. Розміщення воскових відкладів також неоднорідне. Так у *V. tinus* майже однакова

кількість воску на обох боках листової пластинки. У виду *V. opulus* кірка помітніша на адаксиальній поверхні, а у *V. lantana* пластинки частіше трапляються на абаксиальній (на адаксиальній дуже рідко).

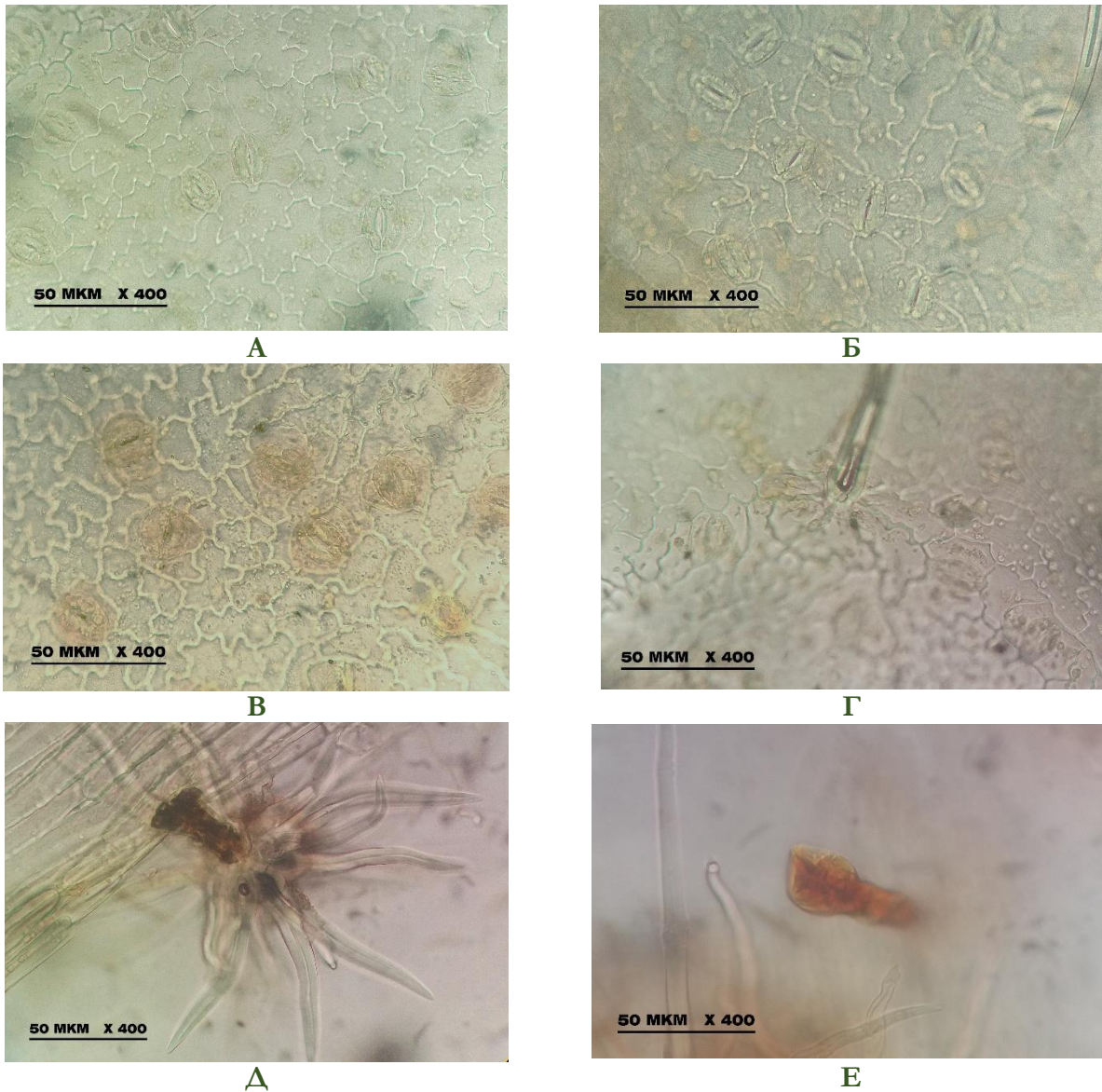


Рис. 4. Епідерміс листової пластинки: А – *V. opulus*; Б – *V. lantana*; В – *V. tinus*; Г – довга конічна трихома (*V. opulus*); Д – зірчаста трихома (*V. lantana*); Е – залозиста трихома (*V. lantana*)

Висновки

Вивчена мікроморфологічна будова ультраструктури листової пластинки трьох видів роду *Viburnum* флори України. В результаті аналізу мікроморфологічних особливостей листка виявлені спільні для видів ознаки, та такі, за якими вони чітко розрізняються. Досліджені види характеризуються гіпостоматичним типом листової

пластинки, парацитними продихами, добре розвиненим епікутикулярним воском, більш інтенсивним опушенням на адаксиальній поверхні. Відмінними ознаками є рельєф поверхні, типи воскових відкладів, тип трихом (у *V. opulus* та *V. lantana* наявні 3-5-осьові зірчасті трихоми, у *V. tinus* такі трихоми відсутні; лише у *V. lantana* наявні залозки) та їх локалізація, тип та співвідношення продихових апаратів (у *V. opulus*

переважають аномоцитні продихи, *V. lantana* – парацитні, *V. tinus* наявні лише – парацитні).

Результати дослідження ультраструктури поверхні листової пластинки видів роду *Viburnum* L. флори України засвідчили, що серед мікроморфологічних характеристик епідерми листка є не лише цінні

таксономічні ознаки, а й такі (наявність опушення, кутикули та епікутикулярного воску), що свідчать про необхідність ширшого використання досліджуваних видів для паркового озеленення з огляду на аридизацію клімату.

References

- Adedeji, O., & Jewoola, O. A. (2008). Importance of leaf epidermal characters in the Asteraceae family. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, 36(2), 7–16. <https://doi.org/10.15835/nbha362243>
- Akyol, E., Ongun, K., Kirboga, S., & Oner, M. (2016). A kinetic study for calcium oxalate crystallization in the presence of *Viburnum opulus* extract. *Biointerface Res. Appl. Chem.*, 6(1), 1064–1069.
- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot. J. Linn. Soc.*, 181, 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Badanina, V. A., & Futorna, O. A. (2022). Leaves surface of *Viburnum opulus* L. flora of Ukraine. *Theoretical and practical aspects of the research of medicinal plants*. NFAU. <http://surl.li/slwwt> (in Ukrainian)
Баданіна, В.А., Футорна, О.А. Ультраструктура поверхні листків *Viburnum opulus* L. флори України. *Теоретичні та практичні аспекти дослідження лікарських рослин: V Міжнародна наук.-практ. internet-конференція*, м. Харків, 23–25 листопада 2022 року. Харків: НФаУ. С. 36–38. <http://surl.li/slwwt>
- Baranova, M. A. (1985). Classifications of the morphological types of stomata. *Bot. Zhurn.*, 70(2), 1585–1595. (In Russian)
Баранова М.А. Классификация морфологических типов устьиц. *Бот. журн.* 1985. Т. 70, № 12. С. 1585–1595.
- Barbarych, A. I. (1961). Honeysuckle family – Caprifoliaceae Juss. In M.I. Kotov (Ed.), *Flora of UkrSSR* (Vols. 10). (pp. 249–288). Publishing house of the Academy of Sciences of UkrSSR. (In Ukrainian)
Барбарич А.І. Родина Жимолостеві – *Caprifoliaceae* Juss. *Флора України*. Під ред.: М.І. Котов, Київ: Вид. АН України. 1961. Т. 10. С. 249–288.
- Barthlott, W., Neinhuis, C., Cutler, D. et al. (1998). Classification and terminology of plant epicuticular waxes. *Bot. J. Linn. Soc.*, 126(3), 237–260. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1998.tb02529.x>
- Chakrabarty, C., & Mukherjee, P. K. (1986). Studies on *Bupleurum* L. (*Umbelliferae*) in India II. SEM observations of leaf surfaces. *Feddes Repert.*, 97(7–8), 489–496.
- Chamberlen, D. F. (1972). *Viburnum* L. In P.H. Devis (Ed.), *Flora of Turkey* (Vol. 4). (pp. 543–544). Univ. Press, Edinburgh.
- Demchenko M., Futorna O., Badanina V., Smirnov O., Olshanskyi I., & Taran N. (2019). Stomata complexes of leaves of leaf-declining representatives of *Magnoliaceae* as a markers of a thermoregulatory and microclimate-forming ability of plants. *Ecological Sciences*, 1(24), 149–159. <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-27> (in Ukrainian)
Демченко М. К., Футорна О. А., Баданіна В. А., Смірнов О. Є., Ольшанський І. Г., Таран Н. Ю. Продихові комплекси листків представників листопадних Магнолієвих як маркери терморегулюючої та мікрокліматотворюючої здатності рослин. *Екологічні науки*. 2019. № 1 (24). С. 149–159. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-27>

- Donoghue, M. J., Baldwin, B.G., Li, J., & Winkworth, R.C. (2004). *Viburnum* Phylogeny based on chloroplast *trnK* intron and nuclear ribosomal ITS DNA sequences. *Syst. Bot.*, 29, 188–198. <https://doi.org/10.1600/036364404772974095>
- Euro+Med 2006+. (n.d.). Euro+Med PlantBase – the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Retrieved April 22, 2024, from <http://www.europlusmed.org>
- Ezau, K. (1980). *Plant anatomy*. Mir (In Russian)
Эзау К. Анатомия растений. Москва: Мир. 1980. Т. 1–2. 565 с.
- Ferguson, I. K. (1976). *Viburnum* L. In: M.G. Tutin (Ed.), *Flora Europaea* (Vol. 4), (p. 45). Univ. Press.
- Futorna, O. A., Zhygalova, S. L., & Olshanskyi, I. G. (2016). Micromorphological characteristics (anatomical structure of leaves and stems, ultrastructure of fruits, pollen grains ultrasculpture) of *Sonchus oleraceus* L. (Asteraceae). *Chornomors'k. bot. z.*, 12(2), 141–153. <https://doi.org/10.14255/2308-9628/16.122/4> (in Ukrainian)
Футорна О. А., Жигалова С. Л., Ольшанський І. Г. Мікроморфологічна характеристика (анатомічна структура листків та стебел, ультраструктура плодів, ультраструктура пилоквих зерен) *Sonchus oleraceus* L. (Asteraceae). *Чорноморськ. бот. ж.* 2016. Т. 12, № 2. С. 141–153. DOI: <https://doi.org/10.14255/2308-9628/16.122/4>
- Futorna, O. A., Badanina, V. A., & Zhygalova, S. L. (2017). Ecological-anatomical characteristics of some *Tragopogon* (Asteraceae) species of the flora of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 25(4), 274–281. <https://doi.org/10.15421/011742>
- Futorna, O. A., Badanina, V. A., Olshanskyi, I. G., & Tyshchenko O. V. (2019). Leaves surface of *Ginkgo biloba* L. in heat conditions (in Kyiv city). *Plant introduction*, 4, 51–59. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3566616> (in Ukrainian)
Футорна О. А., Баданіна В. А., Ольшанський І. Г., Тищенко О. В. Ультраструктура поверхні листків *Ginkgo biloba* L. в умовах спеки (на прикладі м. Києва). *Інтродукція рослин*. 2019. 4. С. 51 – 59. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3566616>
- Halbritter, H. (2016). *Viburnum tinus*. In: PalDat – A palynological database, https://www.palдат.org/pub/Viburnum_tinus/301122
- Halbritter, H., & Svojtka M. (2016). *Viburnum lantana*. In: PalDat – A palynological database, https://www.palдат.org/pub/Viburnum_lantana/301127
- Kajszczak, D., Zakłós-Szyda, M. & Podśedek, A. (2020). *Viburnum opulus* L. – A Review of Phytochemistry and Biological Effects. *Nutrients*, 12, 3398. <https://doi.org/10.3390/nu12113398>
- Khan, G., Zhang, F., Gao, Q., Mashwani, Z., Rehman, K., Khan, M.A., & Chen, S. (2013). Trichomes diversity in the tropical flora of Pakistan. *J. Med. Plants Res.*, 7(22), 1587–1592. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1336>
- Krak, K., & Mraz, P. (2008). Trichomes in the tribe *Lactuceae* (Asteraceae) – taxonomic implications. *Biologia (Bratislava)*, 63(5), 1–15. <https://doi.org/10.2478/s11756-008-0106-z>
- Leontiiev, B. S., & Khvorost, O. P. (2023). Study of the elemental composition of a series of virland fruits *Viburnum Opulus* L. *Farmatsevtychnyi Zhurnal*, 5, 62–70. <https://doi.org/10.32352/0367-3057.5.23.07>
- Mosyakin, S. L. (Ed.) & Fedoronchuk, M. M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. National Academy of Sciences of Ukraine M.G. Kholodny Institute of Botany. <https://doi.org/10.13140/2/1/2985/0409>

- Poiarkova, A. Y. (1958). *Viburnum* L. In B.K. Shyshkin (Ed.) *Flora SSSR* (Vol. 23), (pp. 443–458). Izd.–vo. AN SSSR. (In Russian)
 Пояркова А.И. *Viburnum* L. *Флора СССР*. Ред. тома: Б.К. Шишкин. Ленинград: Изд.–во АН СССР. 1958. Т. 23. С 443–458.
- Prabhu, K., Karar, P. K., Ponnudurai, K., & Hemalatha, S. (2009). Pharmacognostic and preliminary phytochemical investigations on the leaves of *Viburnum punctatum* Buch.- Ham. ex D.Don. *J. Pharm. Sci. Res.*, 1, 43–50.
- Prabhu, K., Karar, P. K., Hemalatha, S., & Ponnudurai, S. (2011). Comparative micromorphological and phytochemical studies on the roots of three *Viburnum* (*Caprifoliaceae*) species. *Turk. J. Bot.*, 35, 663–670.
- Svietlova, N. B., Storozhenko, V. A., Futorna, O. A., Badanina, V. A., Tischenko, O. V., Olshanskij, I. G., & Taran, N. Yu. (2018). Estimation of the Prospects of Using Model Species of Wood Plants for the Overcoming the "City Heat Island" by Parameters of the Functional State of Photosynthetic Apparatus. *Journal of Automation and Information Sciences*. 50(12), 51–61. <https://doi.org/10.1615/JAutomatInfScien.v50.i12.40>
- Svietlova, N. B., Badanina, V. A., Kazantsev, T. A., Palagecha, R. M., & Taran, N. Yu. (2020). The climateforming ability of Magnoliaceae Juss. family in urban landscapes phytocenosis. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*, VIII(27), Issue: 224, Feb., 22–23. <https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-224VIII27-05>
- Takhtajan, A.L. (1987). *Systema magnoliophytorum*. Nauka (In Russian).
 Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. Ленинград: Наука, 1987. 439 с.
- Taran, N. Yu., Futorna, O. A., Olshanskyi, I. G., Tyshchenko, O. V., Boychenko, S. G., Badanina, V. A., & Svetlova, N. B. (2018). Perspectives of overcoming of climatic changes negative impact in the urbolandscape of Kyiv megapolis (based on selection of assortment of stress-resistant plant species). *Ecological Sciences*, 2 (21), 114–118. <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2018/2/2-21.pdf> (in Ukrainian)
 Таран Н. Ю., Футорна О. А., Ольшанський І. Г., Тищенко О. В., Бойченко С. Г., Баданіна В. А., Светлова Н. Б. Перспективи подолання негативного впливу проявів кліматичних змін на урбаноландшафти Київського мегаполісу на основі підбору стрес-толерантних видів рослин світової флори. *Екологічні науки*. 2018. №2. 21. С. 114–118. <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2018/2/2-21.pdf>
- The Plant List (2013). *Viburnum*.
<http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=viburnum>
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden (2023, Jun 23). *Viburnum opulus* L.
<http://www.tropicos.org/Name/6000037?tab=subordinatetaxa>
- Tsymbalyuk, Z. M., & Bezusko, L. G. (2017). Pollen morphology of species of the genus *Viburnum* (*Viburnaceae* / *Adoxaceae*) in the flora of Ukraine for spore-pollen analysis. *Ukr. Bot. J.*, 74(3), 203–211. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj74.03.203> (in Ukrainian)
 Цимбалюк З.М., Безусько Л.Г. Паліноморфологія видів роду *Viburnum* (*Viburnaceae* / *Adoxaceae*) флори України для цілей спорово-пилкового аналізу. *Укр. бот. журн.* 2017. Вип. 74, № 3. С. 203–211. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj74.03.203>
- Wang, C.–H., Tzeng, H.–Y., Tseng, Y.–H. (2014). Characteristics of leaf epidermis and its taxonomic implications of *Viburnum* L. in Taiwan. *林業研究季刊*, 36(4), 243–262.
- Zayachuk, V. Ya., & Cibulya, V. S. (2013). Species of *Viburnum* L. in gardening cities. *Scientific bulletin of UNFU*, 23(11), 30–38. (in Ukrainian)
 Заячук В.Я., Цибуля В.С. Види роду Калина (*Viburnum* L.) в озелененні населених місць. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.11. С. 30–38.

Received: 05.03.2024. Accepted: 22.03.2024. Published: 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Павленко-Баришева В., Футорна О., Баданіна В.
Ультраструктура поверхні листків видів роду
Viburnum L. флори України. *Biota. Human.
Technology*. 2024. №1. С. 81-92.

Cite this article in APA style as:

Pavlenko-Barysheva, V., Futorna, O., & Badanina, V.
(2024). Surface ultrastructure of leaves of the
species *Viburnum* L. of the flora of Ukraine. *Biota.
Human. Technology*, 1, 81-92.

Information about the authors:

Pavlenko-Barysheva V. [*in Ukrainian: Павленко-Баришева В.*] ¹, PhD in Biol. Sc., Chief Specialist, e-mail: valerie.barysheva@gmail.com
ORCID: 0009-0008-7522-7740

the Department of project activities of The Department of Tourism Development, The State Agency for Tourism Development of Ukraine
2 Prorizna Street, Kyiv, 02001, Ukraine

Futorna O. [*in Ukrainian: Футорна О.*] ², PhD in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: oksana_drofa@yahoo.com
ORCID: 0000-0002-3713-6644

Department of Molecular Biotechnology and Bioinformatics, Educational Scientific Institute of High Technologies, Taras Shevchenko National University of Kyiv
64/13 Volodymyrska Street, Kyiv, 01601, Ukraine

Badanina V. [*in Ukrainian: Баданіна В.*] ³, PhD in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: v.badanina@knu.ua
ORCID: 0000-0002-6866-8002 *Scopus Author ID*: 57203162160

Department of Plant Biology, ESC "Institute of Biology and Medicine", Taras Shevchenko National University of Kyiv
64/13 Volodymyrska Street, Kyiv, 01601, Ukraine

¹ Data collection, funds collection.

² Study design, statistical analysis.

³ Data collection, manuscript preparation.



ENVIRONMENTAL POLLUTION STRESSES AND ORGANISMS' RESPONSE

**СТРЕСИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ
ТА РЕАКЦІЯ ОРГАНІЗМІВ**



UDC 663.95:632.95.024

Nataliia Tkachuk, Liubov Zelena, Oleksandra Legun, Oleh Tkachuk

STUDY OF PHYTOTOXICITY OF BLACK TEA WITH HERBAL AND FRUIT SUPPLEMENTS BY GROWTH TEST WITH *LEPIDIUM SATIVUM* L.

Наталія Ткачук, Любов Зелена, Олександра Легун, Олег Ткачук
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ЧОРНОГО ЧАЮ
З ТРАВ'ЯНИМИ ТА ФРУКТОВИМИ ДОБАВКАМИ
ЗА РОСТОВИМ ТЕСТОМ З *LEPIDIUM SATIVUM* L.

DOI: 10.58407/bht.1.24.9

ABSTRACT

Tea can contain biologically active compounds which phytotoxicity deserves attention.

The aim of the work was to study the phytotoxicity of black tea with herbal and fruit additives according to the phytotest with *Lepidium sativum* L.

Methodology. Phytotoxicity was evaluated in a growth test with the test plant *L. sativum*, the seeds of which were germinated on filter paper with the tested tea solutions. We studied 6 types of packaged black Ceylon tea without additives (control) and with various herbal and/or fruit additives and natural flavorings, freely available in the retail network of Ukraine. The test indicators were the germination energy of *L. sativum* seeds (3rd day of the study), seed germination (5th day of the study), the length of the roots and the aerial part of the seedlings (the 5th day of the study). Phytotoxic indexes were calculated – seed germination index and root length index. The results were processed statistically.

Scientific novelty. The phytotoxicity of black tea with herbal and fruit supplements was investigated using a growth test with *L. sativum*. The absence of phytotoxicity of the investigated tea variants was shown by the root length index of *L. sativum* seedlings.

Conclusions. The study of phytotoxicity of black tea with herbal and fruit supplements according to the growth test with *L. sativum* showed moderate toxicity based on the plant seed germination index in case of the mixture of black and green teas with supplements of apple, cornflowers, pot marigold, safflower, rose and natural flavoring «Grapes». However, according to the root length index of the seedlings, this tea did not show phytotoxicity, as did other tested variants of black tea with herbal and fruit additives. Further detailed phytotoxicity studies of all constituent teas with herbal and fruit supplements are needed. The risks of cornflower and safflower consumption by women should be indicated on the packaging of products that contain them.

Key words: fruit supplements, herbal supplements, *Lepidium sativum*, phytotesting, tea

АНОТАЦІЯ

Чай може містити біологічно активні сполуки, фітотоксичність яких заслуговує на увагу.

Метою роботи було дослідження фітотоксичності чорного чаю з трав'яними та фруктовими добавками за фітотестом з *Lepidium sativum* L.

Методологія. Фітотоксичність оцінювали у ростовому тесті з тест-рослиною *L. sativum*, насіння якої пророщували на фільтрувальному папері з досліджуваними розчинами чаю. Досліджували 6 видів пакетованого чорного цейлонського чаю без добавок (контроль) та з різними трав'яними та/або фруктовими добавками та природними ароматизаторами, вільно доступні у торговельній мережі України. Тест-показниками було обрано енергію проростання насіння *L. sativum* (3-я доба дослідження), схожість насіння (5-а доба дослідження), довжину коріння та надземної частини проростків (5-а доба дослідження). Розраховували фітотоксичні індекси – індекс схожості насіння та індекс довжини коріння. Результати оброблено статистично.

Наукова новизна. Досліджено фітотоксичність чорного чаю з трав'яними та фруктовими добавками за ростовим тестом з *L. sativum*. Показано відсутність фітотоксичності досліджуваних варіантів чаю за індексом довжини коріння проростків *L. sativum*.

Висновки. Дослідження фітотоксичності чорного чаю з трав'яними та фруктовими добавками за ростовим тестом з *L. sativum* показало помірну токсичність за індексом схожості насіння тест-рослини для чаю, що є сумішшю чорного та зеленого чаїв з добавками яблука, волошок, нагідок, сафлору, троянди та натурального ароматизатора «Виноград». Проте за індексом довжини коріння проростків зазначений чай не проявив фітотоксичності, як й інші досліджувані варіанти чорного чаю з трав'яними та фруктовими добавками. Потрібні подальші детальні дослідження фітотоксичності всіх складових чаїв з трав'яними та фруктовими добавками. Ризики вживання волошки та сафлору жінками повинні бути вказані на упаковці продуктів, які їх містять.

Ключові слова: *Lepidium sativum*, трав'яні добавки, фітотестування, фруктові добавки, чай

Introduction

Tea made from the dried leaves of *Camellia sinensis* L. is the second most consumed beverage in the world after water (McKay & Blumberg, 2002). Tea from China, India and Sri Lanka, countries where current regulations of pesticide use, worker protection and environmental pollution often fall short of international standards, consistently show pesticide residues (Naik, 2015). Pesticide residues, including chlorpyrifos, were recently detected in Ukraine (Chernivtsi region) in jasmine (originating from China) used in various tea blends exported from the Federal Republic of Germany (Shevchenko, 2024). The Food and Drug Administration (in the USA) constantly detects a high level of prohibited compound residues in imported tea that reaches the American consumer. In particular, they detect permethrin (a synthetic pyrethroid linked to cancer and endocrine disruption), DDE (a metabolite of DDT, banned in the US in 1972), heptachlor epoxide (a derivative of the pesticide heptachlor, which was banned in the US for use in agriculture as itself as a termiticide, due to its carcinogenicity and persistence in the environment), as well as acetamiprid (a neonicotinoid, toxic to bees). Given these concerns, consumers should choose certified and labeled organic products that prohibits residual pesticides and is verified for producers' compliance with organic management systems plans and contains only permitted substances (Naik, 2015). Recently, it has been found that heavy metals are a serious problem because they are highly absorbed by tea plants, causing significant risk of tea contamination (Han et al., 2005; Shi et al., 2008; Schwalfenberg et al., 2013).

The toxicity and safety of a number of teas and herbal supplements were tested using a bioassay method (Dosumu et al., 2010; Lee et al., 2019; Li et al., 2019; Rojo et al., 2020; Sotiropoulou et al., 2020; Sunandar & Alfarabi, 2021). Thus, using *Vibrio fischeri* as a test

organism, toxicity was shown for aqueous extracts of chamomile (*Matricaria chamomilla* L., syn: *Matricaria recutita*) and sage (*Salvia officinalis* L.), which are popular in herbal teas (Sotiropoulou et al., 2020). When studying the toxicity of different types of tea using shrimp (*Artemia salina* L.) as a test object, they were found to be safe (Dosumu et al., 2010). The highest toxicity was noted for high concentrations of caffeinated Tetley tea, decaffeinated Tetley tea, and raw lemongrass, and the authors emphasize the need for pre-dilution before consumption (Dosumu et al., 2010). In a shrimp (*Artemia salina* L.) bioassay, it was shown that taxus herbal teas brewed at 75°C had a greater toxic effect (290.58 ppm) compared to teas brewed at 95°C (536.38 ppm) (Sunandar & Alfarabi, 2021). The nontoxic safety of fermented green tea with *Aquilariae Lignum* was shown in a toxicological experiment with mice or rats (Lee et al., 2019). It has also been shown on rats that huanghuali (*Dalbergia odorifera* T. Chen) tea shows no obvious toxicity (Li et al., 2019). Oral administration of a concentrated mixture of green tea polyphenols to mice potentiated the toxic effects caused by intraperitoneal administration of ebulin f. The obtained conclusions raise questions about the abuse of concentrated extracts of green tea as food antioxidant supplements, in particular, when using medical drugs affecting the gastrointestinal tract or taking toxic compounds (Rojo et al., 2020). It is known that a sensitive plant for toxicological experiments is *Lepidium sativum* L. (Khan et al., 2018; Bożym et al., 2021; Tkachuk et al., 2022; Tkachuk & Zelena, 2023). Therefore, the aim of this study was to investigate the phytotoxicity of black tea with herbal and fruit supplements by phytotesting with *L. sativum*.

Materials and methods

Test plant and research samples

Lepidium sativum was chosen as the test plant, the seeds of which were placed in a quantity of 10 pieces in a Petri dish on filter

paper, which was moistened with the investigated tea solution. The experiment was repeated three times. We studied 6 types of packaged black Ceylon tea without additives (control) and with various herbal and/or fruit additives and natural flavorings, freely available in the retail network of Ukraine. The investigated tea solutions were prepared as specified by the manufacturer: 1 tea bag (2 g of tea) was poured with 200 ml of boiled water and infused for 3-5 minutes; then the solution was cooled to room temperature and used in further research. The names of the researched teas and their manufacturers are withheld to prevent accusations of advertising/anti-advertising. The studied teas are conventionally marked from T1 (control) to T6. The composition of the studied teas (according to the manufacturer) is as follows:

T1 – small Ceylon black tea;

T2 – small Ceylon black tea, small Chinese green tea (10 %), chopped apple (1.5 %), flower petals (cornflowers, pot marigold, safflower, roses) (1.5 %), natural flavoring «Grapes»;

T3 – small Ceylon black tea, crushed raspberry berries (5 %), safflower flower petals (1 %), natural flavoring «Raspberry», natural flavoring «Vanilla»;

T4 – small Ceylon black tea, chopped berries in an equal portion (strawberry, rose hip) (5 %), natural flavoring «Forest Berries»;

T5 – small Ceylon black tea, small Chinese green tea (10 %), crushed strawberries (1.5 %), cornflower petals (0.5 %), natural flavoring «Strawberry»;

T6 – small Ceylon black tea, chopped fruits in equal portions (pineapple and peach) (5 %), orange peel (3 %), safflower petals (1 %), natural flavoring «Peach», natural flavoring «Passion fruit».

Test indicators and phytotoxic indices

The test parameters were the germination energy of *L. sativum* seeds (3rd day of the study), seed germination (5th day of the study), the length of the roots and the aerial part of the seedlings (5th day of the study) (Tkachuk et al., 2022). Phytotoxic indices were calculated – seed germination index (SGI) and root length index (RLI) (Bagur-González et al., 2011; Tkachuk & Zelena, 2022; Tkachuk et al., 2022):

$$SGI = \frac{N_t(i) - N_c}{N_c} \quad (1)$$

$$RLI = \frac{L_t(i) - L_c}{L_c} \quad (2)$$

where $N_t(i)$ and N_c – the number of germinated seeds in experiment (i) and control, respectively; $L_t(i)$ and L_c – the average root length in experiment (i) and control, respectively.

A scale was used to assess phytotoxicity (Bagur-González et al., 2011):

$-0.25 \leq SGI$ or $RLI < 0$ – slight toxicity;

$-0.5 \leq SGI$ or $RLI < -0.25$ – moderate toxicity;

$-0.75 \leq SGI$ or $RLI < -0.5$ – high toxicity’

$-1 \leq SGI$ or $RLI < -0.75$ – extreme toxicity.

Statistical data processing

The obtained results were processed statistically (the arithmetic mean, the error of the arithmetic mean, the significance of the differences of the arithmetic means were determined), as previously described (Tkachuk & Zelena, 2023).

Results and Discussion

The results of the study of the phytotoxicity of tea solutions according to the growth test with *L. sativum* are presented in Fig. 1 and in Table 1.

Table 1

Test indicators of *L. sativum* and phytotoxic indices

Research option	The energy of germination, %	Germination, %	Root length, mm	The length of the above-ground part, mm	SGI	RLI
T1	80.0 ± 5.8	80.0 ± 5.8	14.1 ± 1.1	28.1 ± 1.6	–	–
T2	53.3 ± 3.3*	56.7 ± 6.7*	16.2 ± 1.7	25.2 ± 2.5	-0.29	0.15
T3	90.0 ± 10.0	90.0 ± 10.0	18.7 ± 1.5*	27.8 ± 1.5	0.13	0.33
T4	73.3 ± 3.3	73.3 ± 3.3	11.5 ± 1.0	25.9 ± 2.3	-0.08	-0.18
T5	70.0 ± 5.8	70.0 ± 5.8	13.3 ± 1.1	28.9 ± 2.1	-0.13	-0.06
T6	73.3 ± 6.7	73.3 ± 6.7	11.3 ± 1.9	22.0 ± 3.0	-0.08	-0.20

Notes: – - the index is not calculated;

* – the difference is statistically significant compared to the T1 option

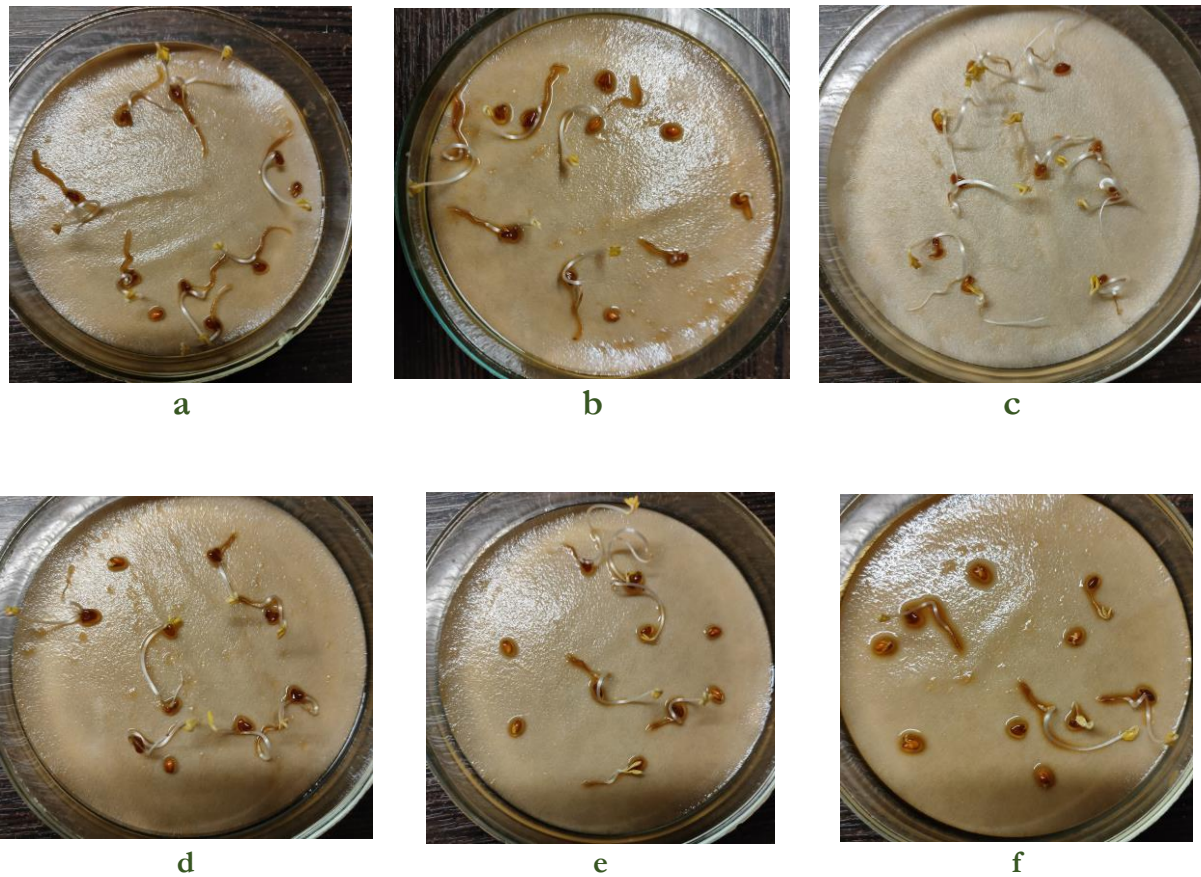


Fig. 1. Seedlings of the test plant (5th day) growing on the tested tea solutions: a – tea T1; b – tea T2; c – tea T3; d – tea T4; e – tea T5; f – tea T6

It was showed that the investigated tea solutions did not affect the germination energy and germination of *L. sativum* seeds, compared to the control (T1), except for the T2 option (Table 1). For variant T2, statistically significant differences compared to the control are shown: a 1.5-fold decrease in seed germination energy and a 1.4-fold decrease in seed germination (Table 1). According to the SGI phytotoxicity index, tea is moderately toxic. At the same time, according to the RLI phytotoxicity index, T2 tea is not phytotoxic (Table 1).

All tested variants of teas did not affect the test indicator of the length of the aerial part – no statistically significant difference with the control was noted. There was also no statistically significant difference compared to the control for the root length indicator, except for the T3 variant (Table 1). It was established that in variant T3 the length of the roots is significantly longer (1.3 times), compared to the control, phytotoxicity was not noted (Table 1). In addition, there is a report that compost tea increased the growth rates of 30-day-old *L. sativum*: relative growth rate, specific leaf area,

unit leaf rate and relative leaf growth rate (Farzamisepehr et al., 2014). The authors explain the observed effect of compost tea on the growth of *L. sativum* plants by the better availability of plant growth regulators and humic acid, which is formed as a result of increased microbial activity (Farzamisepehr et al., 2014). Since the tested teas contain herbal and fruit additives, it is important to analyze their phytotoxicity separately.

In particular, among the additives contained in the researched teas, safflower and cornflower petals deserve special attention. Among the chemical compounds of cornflower flowers are: glycoside cyanarin, centaurin and chicorin; anthocyanins pelargonin and cyanidin; flavonoids luteolin, astragalin, kaempferol, apiin, cosmosin, quercetin and rutin; cyanine dye, saponins, resinous and pectin substances, alkaloids, ascorbic acid, carotene and mineral salts (Description and characteristics of the blue cornflower plant, n.d.). Pre-sowing treatment with alcohol extracts of plants of the genus Cornflower (*Centaurea* L.) had an inhibitory effect on the germination of garden cress seeds:

at a concentration of 1 mg/ml, seed germination decreased by 8-42 % compared to the control, at 10 mg/ml – by 30-100 %. Suppression of linear root growth of garden cress seedlings was observed (by 35-52 %) after pre-sowing treatment of seeds with the studied extracts, as well as accumulation of raw biomass of seedlings and roots by 23-89 % (Rakhmaeva et al., 2020). At the same time, there are reports that extracts of cornflower plants did not show phytotoxicity for the germination of garden cress, but inhibited the growth of young plants, especially roots. The greatest phytotoxic effect was found for methyl-tert-butyl ether, where inhibition of growth indicators was 35% or more (Sharonova et al., 2021).

Safflower is considered a valuable source of nutrients. It includes vitamins C, A, E, D, B₁₂ and B₆; glycosides; trace elements (sodium, calcium, iron, magnesium, potassium); lignan alcohols; polyunsaturated fatty acids; flavonoids (luteolin, carthamidine and isokarthamidine) (Safflower..., n.d.). Among safflower compounds, sesquiterpene lactones (secondary metabolites of safflower roots) deserve attention, for which phytotoxicity was noted against *Lolium perenne*, *Lolium rigidum* and *Echinochloa crus-galli* – weeds in agriculture (Rial et al., 2020). According to the authors, the obtained data are the basis for the development of future agrochemicals with allelopathic activity based on natural products without harming the environment (Rial et al., 2020). The remains of safflower shoots also had an inhibitory effect on the test radish plant (Motamedi et al., 2016). At the same time, it was shown that the remains of safflower roots have

a higher level of allelochemical substances than the remains of shoots (Motamedi et al., 2016).

Cornflower and safflower have restrictions for use by women. It is stated that cornflower, due to the content of cyan components, is contraindicated during pregnancy and breastfeeding (Description and characteristics of the blue cornflower plant, n.d.). Safflower is contraindicated for use during pregnancy and heavy menstrual discharge (Description and characteristics of the safflower plant, n.d.). However, there is no information on the risks of using a product containing cornflower and safflower on the packaging of the tested teas. In our opinion, manufacturers of teas containing these plants should indicate the possible dangers of their use and risk groups.

Conclusions

The study of phytotoxicity of black tea with herbal and fruit supplements according to the growth test with *L. sativum* showed moderate toxicity based on the plant seed germination index in case of the mixture of black and green teas with supplements of apple, cornflowers, pot marigold, safflower, rose and natural flavoring «Grapes». However, according to the root length index of the seedlings, this tea did not show phytotoxicity, as did other tested variants of black tea with herbal and fruit additives. Further detailed phytotoxicity studies of all constituent teas with herbal and fruit supplements are needed. The risks of cornflower and safflower consumption by women should be indicated on the packaging of products that contain them.

References

- 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.
- Bożym, M., Król, A., & Mizerna, K. (2021). Leachate and contact test with *Lepidium sativum* L. to assess the phytotoxicity of waste. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 18, 1975–1990. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02980-x>
- Description and characteristics of the blue cornflower plant. (n.d.). Information and analytical system «Agrarians together». Retrieved February 25, 2024, from <https://agrarii-razom.com.ua/plants/voloshka-sinya> (in Ukrainian)
- Опис та характеристика рослини волошка синя. Інформаційно-аналітична система «Аграрії разом». URL: <https://agrarii-razom.com.ua/plants/voloshka-sinya> (дата звернення: 25.02.2024).

Description and characteristics of the safflower plant. Information and analytical system «Agrarians together». Retrieved February 25, 2024, from <https://agrarii-razom.com.ua/plants/saflor-krasilniy> (in Ukrainian)

Опис та характеристика рослини сафлор красильний. Інформаційно-аналітична система «Аграрії разом». URL: <https://agrarii-razom.com.ua/plants/saflor-krasilniy> (дата звернення: 25.02.2024).

Dosumu, O. O., Oluwaniyi, O. O., Awolola, V. G., & Ogunkunle, O. A. (2010). Toxicity assessment of some tea labels from supermarkets in Ilorin, Nigeria using brine shrimp (*Artemia salina*) lethality assay. *African Journal of Food Science*, 4(5), 282-285.

Farzamisepehr, M., Reza, A., & Tafagodinai, B. (2014). Comparison of compost and compost tea effects on Cress (*Lepidium sativum* L.). *Iranian Journal of Plant Physiology*, 4(3), 1029-1037. <https://doi.org/10.30495/ijpp.2014.540646>

Han, W. Y., Shi, Y. Z., Ma, L. F., & Ruan, J. Y. (2005). Arsenic, cadmium, chromium, cobalt, and copper in different types of Chinese tea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 75, 272-277.

Khan, A. H., Libby, M., Winnick, D., Palmer, J., Sumarah, M., Ray, M. B., & Macfie, S. M. (2018). Uptake and phytotoxic effect of benzalkonium chlorides in *Lepidium sativum* and *Lactuca sativa*. *J. Environ. Manage*, 206, 490-497. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.077>.

Lee, S., Song, P. H., Lee, Y. J., Ku, S. K., & Song, C. H. (2019). Acute and subchronic oral toxicity of fermented green tea with *Aquilariae Lignum* in rodents. *Evid. Based Complement Alternat. Med.*, 2019, 8721858. <https://doi.org/10.1155/2019/8721858>.

Li, C. X., Duan, Y., Xiao, L. J., & Hu, Y. M. (2019). Subchronic toxicity of huanghuali tea in rats. *Chinese Journal of Public Health*, 35(11), 1515-1519. <https://doi.org/10.11847/zgggws1121115>

McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2002). The role of tea in human health: an update. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(1), 1-13.

Motamedi, M., Karimmojeni, H., & Sini, F. G. (2016). Evaluation of allelopathic potential of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Plant Protection Research*, 56(4), 364-371. <https://doi.org/10.1515/jppr-2016-0049>

Naik, N. (2015). Tea Steeped in Toxics: weak regulations and enforcement result in contaminated imported tea in U.S. market. *Pesticides and You. A quarterly publication of Beyond Pesticides*, 35(3), 9-14 <https://www.sadakafirm.com/wp-content/uploads/2019/01/ToxicTea-1.pdf>.

Rakhmaeva A. M., Gumerova S. M., Terengev D. A., Sharonova N. L., Fitsev I. M. Antimicrobial activity and phytotoxicity of extracts of some plant species of the genus *Centaurea*. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. 2020. No. 3(59). P. 37-42. (in Russian)

Рахмаева А.М., Гумерова С.М., Теренжев Д.А., Шаронова Н.Л., Фицев И.М. Антимикробная активность и фитотоксичность экстрактов некоторых видов растений рода *Centaurea*. *Вестник Казанского ГАУ*. 2020. № 3(59). С. 37-42.

Rial, C., Tomé, S., Varela, R. M., Molinillo, J. M. G., & Macías, F. A. (2020). Phytochemical study of safflower roots (*Carthamus tinctorius*) on the induction of parasitic plant germination and weed control. *J. Chem. Ecol.*, 46(9), 871-880. <https://doi.org/10.1007/s10886-020-01200-7>.

Rojo, M. Á., Garrosa, M., Jiménez, P., Girbés, T., Garcia-Recio, V., Cordoba-Diaz, M., & Cordoba-Diaz, D. (2020). Unexpected toxicity of green tea polyphenols in combination with the *Sambucus* RIL Ebulin. *Toxins (Basel)*, 12(9), 542. <https://doi.org/10.3390/toxins12090542>.

Safflower (*Carthamus tinctorius*) dried flowers 5 kg, PL. (n.d.). Perfect body. Online store of healthy food, natural cosmetics, vitamins and superfoods. Retrieved February 27, 2024, from <https://pfbody.in.ua/ua/p1393895679-saflor-krasilnyj-carthamus.html> (in Ukrainian)

Сафлор фарбувальний (*Carthamus tinctorius*) квітки сушені 5 кг, PL. Perfect body. Інтернет-магазин здорового харчування, натуральної косметики, вітамінів та суперфудів. URL: <https://pfbody.in.ua/ua/p1393895679-saflor-krasilnyj-carthamus.html> (дата звернення 27.02.2024)

Schwalfenberg, G., Genuis, S. J., & Rodushkin, I. (2013). The benefits and risks of consuming brewed tea: beware of toxic element contamination. *J. Toxicol.*, 2013, 370460. <https://doi.org/10.1155/2013/370460>.

Sharonova, N., Nikitin, E., Terenzhev, D., Lyubina, A., Amerhanova, S., Bushmeleva, K., Rakhmaeva, A., Fitsev, I., & Sinyashin, K. (2021). Comparative assessment of the phytochemical composition and biological activity of extracts of flowering plants of *Centaurea cyanus* L., *Centaurea jacea* L. and *Centaurea scabiosa* L. *Plants*, 10, 1279. <https://doi.org/10.3390/plants10071279>

Shevchenko, O. (2024, January 20). *A deadly tea that can cause suffocation was brought to Ukraine*. GreenPost media. <https://greenpost.ua/news/do-ukrayiny-zavezly-smertelno-nebezpechnyj-chaj-vid-yakogo-mozhna-zadyhnutysya-i62817> (in Ukrainian)

Шевченко О. До України завезли смертельно небезпечний чай, від якого можна задихнутися. GreenPost media. 20 січня 2024. URL: <https://greenpost.ua/news/do-ukrayiny-zavezly-smertelno-nebezpechnyj-chaj-vid-yakogo-mozhna-zadyhnutysya-i62817> (дата звернення 25.02.2024)

Shi, Y. Z., Ruan, J. Y., Ma, L. F., Han, W. Y., & Wang, F. (2008). Accumulation and distribution of arsenic and cadmium by tea plants. *J. Zhejiang Univ.—Sci. B.*, 9, 265–270.

Sotiropoulou, N. S., Megremi, S. F., & Tarantilis, P. (2020). Evaluation of antioxidant activity, toxicity, and phenolic profile of aqueous extracts of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.) prepared at different temperatures. *Appl. Sci.*, 10, 2270. <https://doi.org/10.3390/app10072270>

Sunandar, A. D., & Alfarabi, M. (2021). Total phenolic, antioxidant activity and toxicity of taxus leaf herbal tea in two different brewing temperature. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 914, 012063

Tkachuk, N., & Zelena, L. (2022). An onion (*Allium cepa* L.) as a test plant. *Biota. Human. Technology*, 3, 50–59. <https://doi.org/10.58407/bht.3.22.5>

Tkachuk N., Zelena L., & Fedun O. (2022). Phytotoxicity of the aqueous solutions of some synthetic surfactant-containing dishwashing liquids with and without phosphates. *Environmental Engineering and Management Journal*, 21(6), 965-970. <https://doi.org/10.30638/eemj.2022.087>.

Tkachuk, N., & Zelena, L. (2023). Toxicity of some household products according to phytotesting with *Lepidium sativum* L. *Biota, Human, Technology*, 2, 99-107. <https://doi.org/10.58407/bht.2.23.7> (in Ukrainian)

Ткачук Н., Зелена Л. Токсичність деяких побутових засобів за фітотестуванням з *Lepidium sativum* L. *Biota, Human, Technology*, 2023. №2. С. 99-107. DOI: <https://doi.org/10.58407/bht.2.23.7>

Received: 06.03.2024. Accepted: 13.04.2024. Published: 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Tkachuk N., Zelena L., Legun O., Tkachuk O. Study of phytotoxicity of black tea with herbal and fruit supplements by growth test with *Lepidium sativum* L. *Biota. Human. Technology.* 2024. №1. С. 94-101.

Cite this article in APA style as:

Tkachuk, N., Zelena, L., Legun, O., & Tkachuk, O. (2024). Study of phytotoxicity of black tea with herbal and fruit supplements by growth test with *Lepidium sativum* L. *Biota. Human. Technology*, 1, 94-101.

Information about the authors:

Tkachuk N. [*in Ukrainian: Ткачук Н.*]¹, Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: nataliia.smykun@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5115-7716 Scopus-Author ID: 7801574248 ResearcherID: AAB-4448-2020
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 Scopus-Author ID: 6506970298 ResearcherID: H-7309-2013
Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NAS of Ukraine,
154 Akademika Zabolotnoho Street, Kyiv, 03680, Ukraine
Kyiv National University of Technology and Design,
2 Nemyrovycha-Danchenka Street, Kyiv, 01011, Ukraine

Legun O. [*in Ukrainian: Легун О.*]³, Student, email: alexandra.posnova69@gmail.com
ORCID: 0009-0008-6670-6168
Department of Biology, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Tkachuk O. [*in Ukrainian: Ткачук О.*]⁴, Student, email: oleh.v.tkachuk@gmail.com
ORCID: 0009-0003-6817-2079
Department of Biology, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

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

² Manuscript preparation.

³ Data collection.

⁴ Data collection, statistical analysis.



MAN AND HIS HEALTH
ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я



UDC 582.970:581.144.3(477)

Halina Tkaczenko, Urszula Osmólska, Natalia Kurhaluk

**MARKERS OF LIPID AND PROTEIN OXIDATION
IN THE BLOOD OF WOMEN AND MEN
WITH AUTOIMMUNE HASHIMOTO'S THYROIDITIS**

Галина Ткаченко, Уршуля Осмульська, Наталія Кургалюк

**МАРКЕРИ ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ І БІЛКІВ У КРОВІ ЖІНОК І ЧОЛОВІКІВ
З АУТОІМУННИМ ТИРЕОЇДИТОМ ХАШИМОТО**

DOI: 10.58407/bht.1.24.10

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study was to analyze changes in markers of oxidative stress (lipid peroxidation and oxidative modification of proteins) and the total antioxidant capacity in the blood of women and men with autoimmune Hashimoto's thyroiditis (HT).

Methodology. This study was carried out in a group of 153 individuals. The group of women participating in the study consisted of 109 individuals (71.24 %), while the group of men consisted of 44 individuals (28.76 %). All persons were divided into two groups: 1) euthyroidism (n = 64; men - n = 18, and women - n = 46); and 2) Hashimoto's autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism (n = 89; men - n = 26, and women - n = 63). The functioning of the thyroid gland was additionally verified by measuring the concentration of thyrotropin (TSH), free triiodothyronine (fT3), free tetraiodothyronine (thyroxine, fT4), and antibodies against thyroid peroxidase (anti-TPO). The concentration of thyrotropin, triiodothyronine, free thyroxine and the concentration of antibodies against thyroperoxidase in human serum were determined using the electrochemiluminescence method "ECLIA" on the immunological analyzer Elecsys Cobas e 411 (Hitachi, Japan). In each group of women and men with euthyroidism and Hashimoto's autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism, the 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), carbonyl derivatives of protein oxidative modification (OMP), and total antioxidant capacity (TAC) were determined.

Scientific novelty. Statistically significant changes in levels of oxidative stress markers were not observed. In women with HT, elevated TBARS levels with simultaneously increased TAC levels in the plasma and erythrocytes were observed. Additionally, levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidative modification of proteins in the blood of women with HT were lower compared to the women with the euthyroid state. In men with HT, levels of markers of oxidative stress (except TAC levels in the plasma) were lower compared to those obtained in men with the euthyroid state.

Conclusions. Hashimoto's thyroiditis with subclinical hypothyroidism does not have a direct influence on levels of biomarkers of lipid and protein oxidation. The results obtained in the current study highlight the need for future investigations of biomarkers of lipid and protein oxidation, especially depending on the duration of this disease.

Keywords: autoimmune thyroiditis; oxidative stress; subclinical hypothyroidism; 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS); carbonyl derivatives of protein oxidative modification (OMP); total antioxidant capacity (TAC)

АНОТАЦІЯ

Мета: Метою даного дослідження був аналіз змін маркерів оксидативного стресу (перекисного окиснення ліпідів та окиснювальної модифікації білків), а також загальної антиоксидантної активності в крові жінок і чоловіків з аутоімунним тиреоїдитом Хашимото (АІТ).

Методологія. Це дослідження проводилося в групі 153 осіб. Група жінок, які брали участь у дослідженні, складалася з 109 осіб (71,24 %), а група чоловіків – з 44 осіб (28,76 %). Усіх осіб було розділено на дві групи: 1) еутиреоз (n = 64; чоловіки – n = 18, жінки – n = 46); 2) аутоімунний тиреоїдит Хашимото з субклінічним гіпотиреозом (n = 89; чоловіки – n = 26, жінки – n = 63). Функціонування щитовидної залози додатково перевіряли шляхом вимірювання концентрації тиреотропіну (ТТГ), вільного трийодтироніну (fT3), вільного тетраїодтироніну (тироксину, fT4), антитіл до тиреопероксидази (анти-ТПО). Концентрацію тиреотропіну, трийодтироніну, вільного тироксину та концентрацію антитіл проти тиреопероксидази в сироватці крові визначали електрохемілюмінесцентним методом «ECLIA» на імунологічному аналізаторі Elecsys Cobas e 411 (Hitachi, Японія). У кожній групі жінок і чоловіків з еутиреозом і аутоімунним тиреоїдитом Хашимото з

субклінічним гіпотиреозом визначали у крові вміст ТБК-активних продуктів (ТВАРС), карбонільних похідних окиснювальної модифікації білків (ОМБ), а також загальну антиоксидантну активність (ТАС).

Наукова новизна. Статистично значущих змін рівнів маркерів окиснювального стресу не спостерігалось. У жінок з АІТ спостерігали підвищення рівня ТВАРС з одночасним підвищенням рівня ТАС у плазмі та еритроцитах. Крім того, рівні альдегідних і кетонових похідних окиснювальної модифікації білків у крові жінок з АІТ були нижчими порівняно з результатами, отриманими в групі жінок з еутиреозом. У чоловіків із АІТ рівні маркерів окислятивного стресу (крім рівня ТАС у плазмі) були нижчими порівняно з такими у чоловіків із еутиреозом.

Висновки. Аутоімунний тиреоїдит Хашимото з субклінічним гіпотиреозом у наших дослідженнях не має прямого впливу на рівні біомаркерів окиснення ліпідів і білків. Результати, отримані в поточному дослідженні, підкреслюють необхідність майбутніх досліджень біомаркерів окиснення ліпідів і білків, особливо в залежності від тривалості цього захворювання.

Ключові слова: аутоімунний тиреоїдит; окиснювальний стрес; субклінічний гіпотиреоз; ТБК-активні продукти (ТВАРС); карбонільні похідні окиснювальної модифікації білків (ОМБ); загальна антиоксидантна активність (ТАС)

Introduction

Autoimmune thyroiditis is a chronic inflammatory disease that is associated with the destruction and damage of thyroid follicles and cells. At the same time, the aggression of the immune system is directed against the thyroid gland (Ralli et al., 2020). AITD development occurs due to loss of immune tolerance and reactivity to thyroid autoantigens: thyroid peroxidase (TPO), thyroglobulin (TG), and thyroid stimulating hormone receptor (TSHR). This leads to infiltration of the gland by T cells and B cells that produce antibodies specific for clinical manifestations of disease (Antonelli et al., 2015; Mikoś et al., 2014, Kristensen 2016). T cells in Hashimoto's thyroiditis (HT) induce apoptosis in thyroid follicular cells, leading ultimately to the destruction of the gland. Cytokines (IL-1 α , IL-1b, IL-2, IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, IL-12, IL-13, IL-14, TNF- α and IFN- γ) are involved in the pathogenesis of thyroid diseases working in both the immune system and directly targeting the thyroid follicular cells. They are involved in the induction and effector phase of the immune response and inflammation, playing a key role in the pathogenesis of autoimmune thyroid disease (Mikoś et al., 2014; Khan et al., 2015).

Its prevalence is about 1 in 1,000 people and increases with age, affecting up to 40% of elderly women (Hollowell et al., 2002). Thyroid failure is seen in up to 10% of the population. The incidence of HT is higher in countries where there is excess iodine in the diet, approximately 1.3%, compared to 1% in countries that are iodine-sufficient (Zimmermann and Boelaert, 2015). It affects more women than men with a female-to-male ratio of 18:1. This is due to the production of hormones and the fact that males

are protected from autoimmune diseases by lymphoid cells of the innate immune system (Rocchi et al., 2008). There is a peak frequency during the fourth decade, and the mean age of presentation is 35 years (Rocchi et al., 2008). Autoimmune thyroiditis can be accompanied by hypothyroidism (a decrease in the ability of the gland to produce hormones), hyperthyroidism, euthyroidism, and diffuse and nodular changes. In addition, with the disease, the appearance of cysts and nodes is not uncommon (Franco et al., 2013).

Recently, scientific data have appeared indicating a significant role of oxidative stress in the development of autoimmune thyroid disorders (Rybakova et al., 2020; Kochman et al., 2021). It is assumed that the synthesis of thyroid hormones depends on the concentration of H₂O₂, which, due to high toxicity, must be in strict accordance with the activity of antioxidant systems (Szanto et al., 2019). Normally, many biochemically unfavorable processes occur on the apical membrane of the thyrocyte, which makes it possible to limit the action of free radicals and avoid cell destruction (Carvalho and Dupuy, 2013). However, under pathological conditions, enzymatic systems are disrupted and their components become abnormally activated in the cytoplasm, and this, in turn, leads to functional and morphological disorders (Ohye and Sugawara, 2010). Inflammatory-dystrophic changes in tissues, in these conditions, are associated with the attack of free radicals from the internal environment of the body, where, for various reasons, their increased concentration arises and is maintained (Phaniendra et al., 2015). Free oxygen radicals adversely affect biological molecules such as lipids, proteins, and DNA (Lobo et al., 2010). However, one should not forget about the

important role of oxidative stress in the physiological adaptation and regulation of intracellular signaling (Burton and Jauniaux, 2011).

Oxidative stress may be a significant risk factor in the pathogenesis and progression of Hashimoto's thyroiditis and the development of complications (Mikulska et al., 2022). A deeper understanding of the nature of oxidative stress and its role in the development of autoimmune thyroid disorders may contribute to the identification of new methods for its assessment and the expansion of therapeutic ranges for this disease.

Paying attention to the relevance of a current issue, we decided to analyze changes in markers of oxidative stress (lipid peroxidation and oxidative modification of proteins) and the total antioxidant capacity in the blood of women and men with autoimmune Hashimoto's thyroiditis (HT).

Materials and methods

Participants. The participants of the study were recruited among patients of non-public Health Care Center U & O Zdrowie – Home-based long-term care (Lębork, Poland). A detailed medical history was taken, and a physical examination was performed on all participants. The Research Ethics Committee of the Regional Medical Commission in Gdańsk (Poland) approved the study (KB-32/18). All patients provided written informed consent before the start of the study procedures. This study was carried out in a group of 153 individuals. The group of women participating in the study consisted of 109 individuals (71.24 %), while the group of men consisted of 44 individuals (28.76 %). All persons were divided into two groups: 1) euthyroidism (n = 64; men – n = 18, and women – n = 46); and 2) Hashimoto's autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism (n = 89; men – n = 26, and women – n = 63).

The functioning of the thyroid gland was additionally verified by measuring the concentration of thyrotropin (TSH), free triiodothyronine (fT3), free tetraiodothyronine (thyroxine, fT4), and antibodies against thyroid peroxidase (anti-TPO). The concentration of thyrotropin, triiodothyronine, free thyroxine and the concentration of antibodies against thyroperoxidase in human serum were determined using the electrochemiluminescence method "ECLIA" on the immunological analyzer Elecsys Cobas e 411 (Hitachi, Japan). In each group of women

and men with euthyroidism and Hashimoto's autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism, the 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), carbonyl derivatives of protein oxidative modification (OMP), and total antioxidant capacity (TAC) were determined.

Blood samples. For determination of thyrotropin, triiodothyronine, free thyroxine, and the concentration of antibodies against thyroperoxidase, the material for the study was blood collected from the cubital vein into special clot tubes (Serum ClotActivator). It was then centrifugated in a centrifuge for 3 minutes at 3,000 rpm. The resulting serum was transferred to properly labeled tubes and evaluated in a biochemistry analyzer for 18 minutes.

For the determination of oxidative stress biomarkers, venous blood samples (5 ml) were obtained from the capital vein of each participant using sterile disposable plastic syringes. Specimens were collected at the same standardized time to minimize any effect of diurnal variation. The blood samples were collected in tubes with K₃-EDTA anticoagulant (1.5 ± 0.25 mg/ml). The clear, non-hemolyzed supernatant plasma was separated using clean, dry disposable plastic syringes. Blood samples and plasma were stored at +4°C and used within 2 days for the analysis of biomarkers of oxidative stress.

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 Kamyshnikov (2004) 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 coloured adduct that is measured spectrophotometrically. The nmol of MDA per mL was calculated using $1.56 \cdot 10^5 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ as the extinction coefficient.

The carbonyl derivatives of protein oxidative modification (OMP) assay. To evaluate the free radical-induced protein damage in blood samples, a content of carbonyl derivatives of protein oxidative modification (OMP) based on the spectrophotometric measurement of aldehydic and ketonic derivatives in the blood 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 Levine et al. (1990) and as modified by Dubinina et al. (1995). DNFH was used for determining the contents of carbonyl groups in soluble and insoluble proteins. 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 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 (Galaktionova et al., 1998). 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 according to the absorbance of the blank samples.

Statistical analysis. The mean \pm 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 between parameters (significance level, $p < 0.05$) was examined using the Mann-Whitney U test and the Kruskal-Wallis test by rank (Zar, 1999). All statistical calculations were performed on separate data from each individual with STATISTICA 13.3 software (TIBCO Software, Polska).

Results and discussion

Malonic dialdehyde (MDA) is an end product of lipid peroxidation induced by ROS. This marker can be used to assess oxidative damage and measure whole-body or tissue oxidative stress (Torun et al., 2009; Erdamar et al., 2010). Elevated MDA levels are observed in tissues damaged by ROS as end products of peroxidation, which makes them markers of oxidative stress in the body (Ruggeri et al., 2021). The level of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in the blood of men and women with euthyroid state and autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism is presented in Fig. 1.

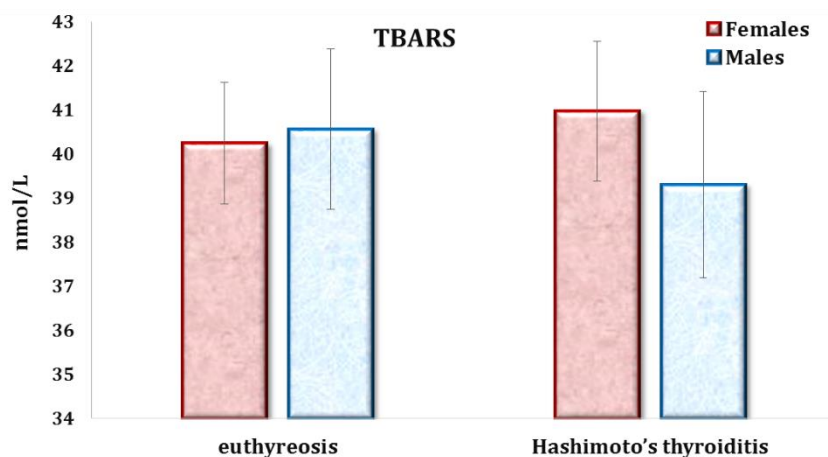


Fig. 1. The level of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in the blood of men and women with euthyroid state and autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism.

The results of our study showed a higher level of TBARS in the blood of women with HT (40.97 ± 1.58 nmol/L) compared to the values in euthyroid women (40.24 ± 1.38 nmol/L). In the group of men, other results were obtained, e.g. the level of TBARS in men with Hashimoto's disease was lower (39.30 ± 2.11 nmol/L) compared to the

euthyroid group (40.56 ± 1.82 nmol/mL). The level of TBARS in the blood of women with HT was 1.8 % ($p > 0.05$) higher compared to women with euthyroidism. However, the level of TBARS in the blood of men with HT was 1.78 % ($p > 0.05$) lower than in the group of men with euthyroidism. Comparing the values of

TBARS in groups of euthyroid women and men, we can conclude that this level is at the same level in women (40.24 ± 1.32 nmol/L) and men (40.56 ± 1.82 nmol/L) (Fig. 1).

Carbonyl derivatives of proteins are stable products that are formed with the participation of amino acid residues of proline, arginine, lysine, and threonine with the formation of Michael adducts. Also, carbonyl derivatives of proteins can be formed with the participation of amino acid residues of lysine, cysteine, and histidine with products of lipid peroxidation. Moreover, the carbonylation of arginine and lysine is accompanied by the loss of one or more nitrogen atoms. In addition, they can be formed during glycation/glycooxidation of lysine amino

groups. According to a number of researchers, carbonyl derivatives are formed during metal-catalyzed protein oxidation (Grimsrud, 2008). The most important consequence of protein oxidation is the inactivation of enzymes. Modification of proteins makes them more sensitive to proteolysis. An increase in the persistence of carbonyl proteins may be the result of a decrease in the activity of cellular protease systems (Dissmeyer et al., 2018).

The level of aldehydic and ketonic derivatives of oxidative modification of proteins in the blood of men and women with euthyroid state and autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism is presented in Figures 2 and 3.

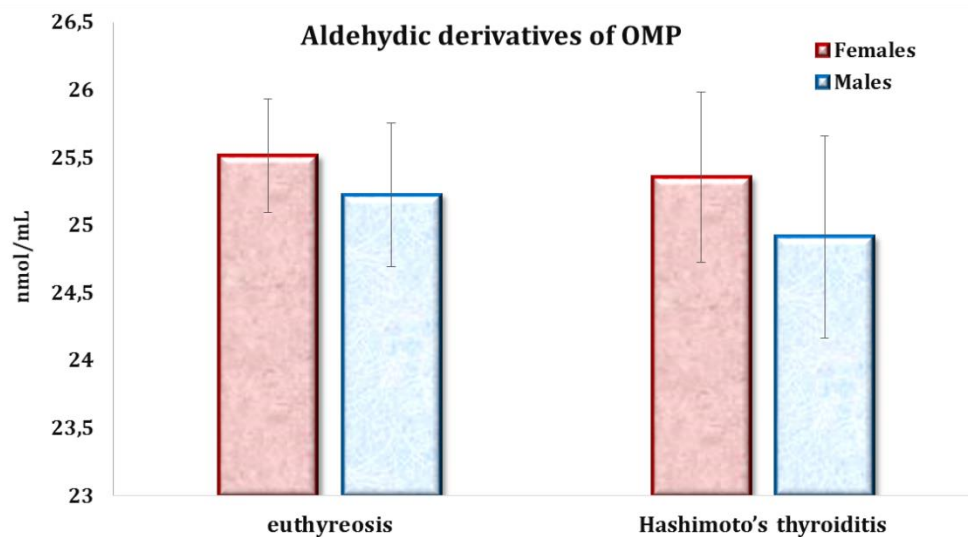


Fig. 2. The level of aldehydic derivatives of oxidative modification of proteins in the blood of men and women with euthyroid state and autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism.

As a result of the current research, a slightly lower level of aldehydic derivatives of oxidative modification of proteins was obtained in the blood of women with autoimmune thyroiditis (25.35 ± 0.63 nmol/mL) compared to the values in euthyroid women (25.51 ± 0.42 nmol/mL). In the group of men, similar results were obtained, i.e. the level of aldehydic derivatives of OMP in men with HT was (24.91 ± 0.75 nmol/mL), compared to the group of men with euthyroidism (25.22 ± 0.53 nmol/mL). The level of aldehydic derivatives of OMP in women and

men with HT was respectively lower by 0.7 % ($p > 0.05$) and 1.2 % ($p > 0.05$) compared to the group of women and men with euthyroidism. Comparing the values of aldehydic derivatives of oxidative modification of proteins in euthyroid women and men, we can conclude that the level of aldehydic derivatives of OMP is at the same level in women (25.51 ± 0.42 nmol/mL) and men (25.22 ± 0.53 nmol/mL) (Fig. 2).

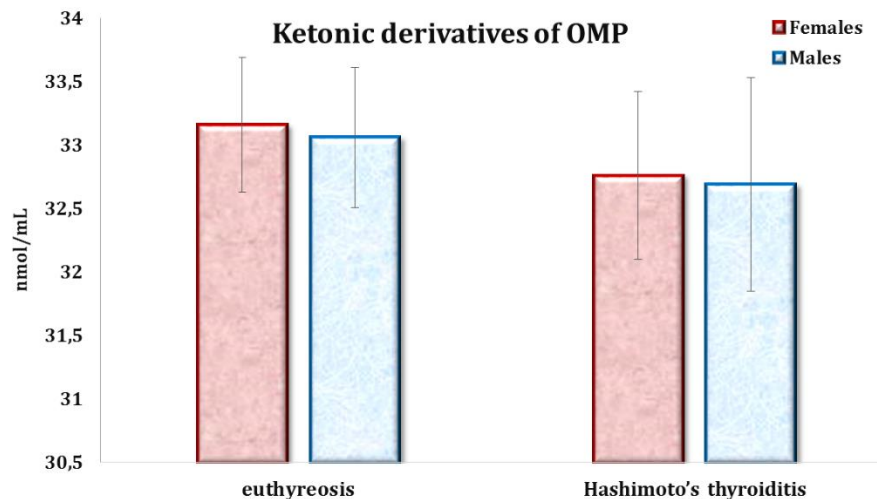


Fig. 3. The level of ketonic derivatives of oxidative modification of proteins in the blood of men and women with euthyroid state and autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism.

The results of our study showed a lower level of ketonic derivatives of OMP in the blood of women with HT (32.76 ± 0.66 nmol/mL) compared to the values in euthyroid women (33.16 ± 0.53 nmol/mL). Similar results were obtained in the group of men. In men with Hashimoto's disease, the level of ketonic derivatives of oxidative protein modification was lower (32.69 ± 0.84 nmol/mL) compared to the group of euthyroid men (33.06 ± 0.66 nmol/mL). The level of ketonic derivatives of OMP in women and men with HT was lower by 1.2% ($p > 0.05$) and 1.1% ($p > 0.05$), respectively, compared to the euthyroid group of women and men. Comparing the values of ketonic derivatives of OMP in euthyroid men and women, we can conclude that the level of ketonic derivatives of oxidative modification of proteins is at the same level in women (33.16 ± 0.53 nmol/mL) and men (33.06 ± 0.66 nmol/mL) (Fig. 3).

Total antioxidant capacity (TAC) is a parameter that indicates the overall ability of the body to neutralize oxidants. It takes into account all antioxidants contained in body fluids, including exogenous and endogenous compounds (Marrocco et al., 2017). In turn, the total oxidation state (TOS) is based on the oxidation of ferrous ions to ferric ions in the presence of various oxidants. It reflects the degree of oxidation of body fluids, represented by the level of radicals (Rovcanin et al., 2016). The oxidative stress index (OSI) is a measure

calculated as the ratio of the total oxidation state to the total antioxidant response (TAR) and therefore represents the overall degree of oxidation of the body (Ates et al., 2018).

The level of total antioxidant capacity in the plasma of men and women with euthyroid state and autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism is presented in Fig. 4.

As a result of the current studies, a slightly higher level of total antioxidant capacity in the plasma of women with autoimmune thyroiditis was obtained (45.27 ± 1.98 %) compared to the value in euthyroid women (42.48 ± 2.11 %). In the group of men, similar results were obtained, i.e. the level of TAC in men with HT was (48.56 ± 3.38 %), compared to the group of men with euthyroidism (47.54 ± 2.12 %). TAC levels in the plasma of men and women with HT were higher by 6.5% ($p > 0.05$) and 2.1% ($p > 0.05$), respectively, compared to euthyroid women and men. Comparing the values of total antioxidant capacity in the euthyroid groups of women and men, we can conclude that the plasma TAC level was at a lower level in women (42.48 ± 2.11 %) compared to men (47.54 ± 2.12 %) (Fig. 4).

The level of total antioxidant capacity in the erythrocytes of men and women with euthyroid state and autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism is presented in Fig. 5.

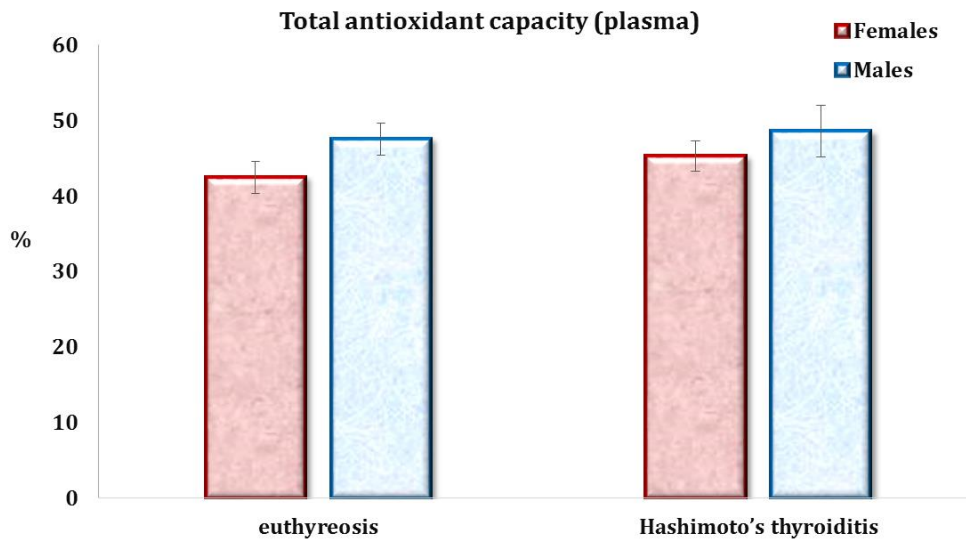


Fig. 4. The level of total antioxidant capacity in the plasma of men and women with euthyroid state and autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism.

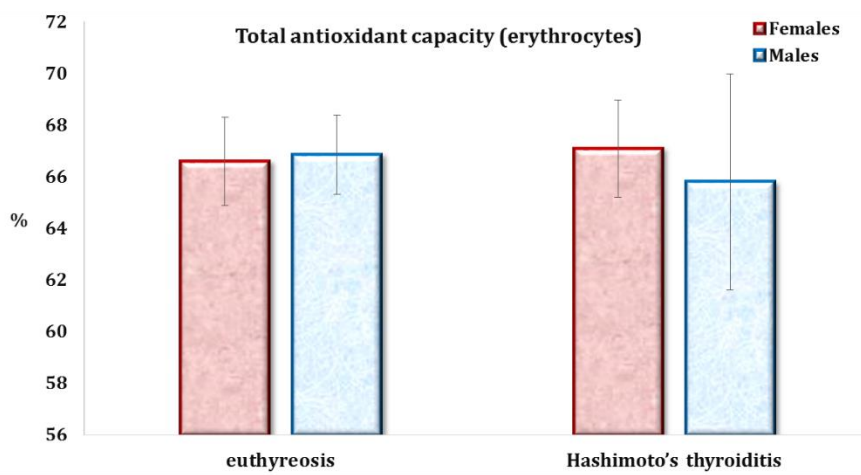


Fig. 5. The level of total antioxidant capacity in the erythrocytes of men and women with euthyroid state and autoimmune thyroiditis with subclinical hypothyroidism.

As a result of the current research, a slightly higher level of total antioxidant capacity was obtained in the erythrocytes of women with autoimmune thyroiditis ($67.08 \pm 1.89\%$) compared to the values in women with euthyroidism ($66.59 \pm 1.71\%$). However, in the group of men, the level of TAC was slightly lower ($65.80 \pm 4.18\%$) compared to the group of men with euthyroidism ($66.85 \pm 1.54\%$). The level of TAC in the erythrocytes of women with HT was higher by 0.8% ($p > 0.05$) and lower by 1.6%

($p > 0.05$) in men compared to the group of women and men with euthyroidism, respectively. Comparing the TAC values in the erythrocytes of women and men with euthyroidism, we can conclude that the level of TAC in erythrocytes was at the same level in women ($66.59 \pm 1.71\%$) and men ($66.85 \pm 1.54\%$) (Fig. 5).

In the current study, we analyzed changes in levels of oxidative stress markers (lipid peroxidation and oxidative modification of proteins) and the total antioxidant capacity in

the blood of women and men with Hashimoto's thyroiditis. As a result of the current research, statistically significant changes in levels of oxidative stress markers were not observed. In women with HT, elevated TBARS levels with simultaneously increased TAC levels in the plasma and erythrocytes were observed. Additionally, levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidative modification of proteins in the blood of women with HT were lower compared to the women with the euthyroid state. In men with HT, levels of markers of oxidative stress (except TAC levels in the plasma) were lower compared to those obtained in men with the euthyroid state (Fig. 1-5).

The results of studies on the relationship between hypothyroidism and oxidative stress in humans are conflicting (Rybakova et al., 2019). It has been suggested that in patients with AIT and hypothyroidism, the prooxidant environment may play a role in the development of atherosclerosis (Papadopoulou et al., 2020). The increase in oxidative stress can be explained not only by a decrease in the concentration of antioxidants but also by a change in lipid metabolism since a significant relationship was found between the concentration of malonic dialdehyde (MDA) and LDL, the content of total cholesterol, and triglycerides. Increased oxidative stress in both hypothyroid and subclinical hypothyroidism states can be explained by both the insufficient increase in the antioxidant status and the altered lipid metabolism in these cases (Torun et al., 2009). Other studies have also confirmed an increase in MDA in both overt hypothyroidism and subclinical hypothyroidism (Torun et al., 2009; Haribabu et al., 2013). Morawska et al. (2020) observed that total antioxidant potential (TAC) was significantly lower (by 82 %), while total oxidant status (TOS), oxidative stress index (OSI), and the level of oxidation products of proteins (AGEs) and lipids (lipid hydroperoxides) were significantly higher in HT patients compared to the control group. Moreover, the saliva of euthyroid patients with HT also demonstrated a reduced antioxidant potential (Morawska et al., 2020).

It remains a debatable question whether oxidative stress is associated with hypothyroidism as such or whether it is associated with a change in the lipid spectrum due to thyroid dysfunction. For example, Santi et al. (2012) described oxidative stress in subclinical

hypothyroidism (indicated by decreased arylesterase and elevated TBARS and catalase activity) but associated it with the influence of hypercholesterolemia in thyroid dysfunction. Secondary hypercholesterolemia to thyroid dysfunction and not hypothyroidism per se appears to be associated with oxidative stress in subclinical hypothyroidism (Santi et al., 2012).

Another study (Öztürk et al., 2012) conducted on patients with subclinical hypothyroidism in the outcome of AIT did not reveal differences in the concentration of MDA in patients with hypothyroidism and in the control group; however, in patients with hypothyroidism, the activity of the pro-oxidant 2,2'-azobis-(2-amidinopropane) hydrochloride, which stimulates MDA generation, was increased. According to the results of the study, the increase in MDA did not differ in patients with subclinical hypothyroidism compared with the control group, while it differed significantly from the control in patients with overt hypothyroidism (Öztürk et al., 2012). However, the results of the study should be interpreted with caution, since both local and systemic inflammation are present in autoimmune thyroiditis (Rybakova et al., 2019).

Recent studies have shown that high oxidative stress is associated with the severity and progression of Hashimoto's thyroiditis from euthyroidism to overt hypothyroidism (Athes et al., 2015, 2018). Athes et al. (2015) conducted a study with newly diagnosed hypertension (31 in each stage: euthyroid, subclinical, and overt hypothyroidism) without treatment and 31 healthy volunteers. The level of oxidative stress was higher at all stages of Hashimoto's thyroiditis compared with the control group, and a negative correlation was observed between the total antioxidant balance and thyroid autoantibodies. Moreover, total oxidant status and oxidative stress index levels were elevated and total antioxidant status (TAS) was reduced in patients with overt hypothyroidism compared with other groups. These results suggest that oxidative stress continues to increase during an exacerbation of hypothyroidism in hypertensive patients (Athes et al., 2015). A later study, also by Ates et al. (2018) showed that after 9 months of follow-up of patients with euthyroid and subclinical hypothyroidism without treatment, 17.5 % of them developed overt hypothyroidism. total oxidant status and oxidative stress index were

higher in patients who developed overt hypothyroidism than in those who did not. In addition, a positive correlation was observed between oxidant parameters and thyroid autoantibodies. The authors concluded that oxidative stress may be a risk factor for the development of overt hypothyroidism in hypertensive patients (Athes et al., 2018).

Nekrasova et al. (2011) investigated lipid and protein peroxidation in autoimmune thyroiditis (AT) and subclinical hypothyroidism (SH), as well as evaluated its correlation for arterial stiffness and relationship to replacement treatment. The study included 85 women; 32 of them had no thyroid pathology (group 1, controls) and 53 had AT and SH (group 2). Free-radical protein and lipid oxidation (FRO), serum antioxidant activity (AOA), and arterial elasticity parameters were investigated. In addition, it compared different categories of the patients included in group 2: patients having euthyroidism ($n = 18$) and subclinical hypothyroidism ($n = 35$); AT patients with TSH less ($n = 26$) and not less ($n = 27$) than the median of group values (~ 6 mU/ml). AT patients demonstrated a higher oxidative protein modification rate (OMB) which was confirmed by a 75% elevation of OMB 363 nm index ($p = 0,049$) and greater activity of lipid peroxidation (LPO) confirmed by an 11% elevation of luminescence intensity index I_{max} ($p = 0,035$) but no increase in AOA, catalase and superoxide dismutase activity ($p > 0,05$). Oxidative stress severity was positively associated with TSH; dyslipidaemia had a stronger influence on oxidative stress. The proportions of women with the relative disparity between elevated malondialdehyde (MDA) and depressed antioxidant activity (AOA), were significantly higher in AT and SH groups ($p < 0,05$). The most significant difference between oxidative stress parameters was found among patients having TSH less and not less than 6 mU/ml. The subgroup with higher TSH was found to have higher indexes of endogenous intoxication and LPO products values (the increase of EI254nm, EI274nm, EI294nm, triene conjugates by 18%; 19%; 29% and 38% respectively, $p < 0,05$) (Nekrasova et al., 2011).

Among all the hormones that act on the antioxidant system, thyroid hormones play a particularly important role, since both hyperthyroidism and hypothyroidism are associated with oxidative stress (Chakrabarti et

al., 2016; Mancini et al., 2016). However, the oxidative stress mechanisms in these two states are different: increased reactive oxygen species (ROS) production in hyperthyroidism and low availability of the antioxidant system in hypothyroidism (Kochman et al., 2021). Thyroid hormones as such can act as oxidants and damage DNA, probably through a phenolic group that is similar in activity to steroidal estrogens (Villanueva et al., 2013; Mancini et al., 2016). Other mechanisms may be involved, in particular, increased expression of nitric oxide synthase (NOS) with excessive production of NO and activation of hepatic transcription factor NF- κ B, followed by an increase in the concentration of cytokines that induce ROS products (Tapia et al., 2003; Barreiro Arcos et al., 2006; Mancini et al., 2016; Rybakova et al., 2019).

On the other hand, the mechanisms regulated by thyroid hormones carry out a fine regulation of the oxidative status through feedback. Among them, the role of proteins UCP-2 and UCP-3 (uncoupling proteins 2 and 3) is emphasized. These molecules have antioxidant activity (Lanni et al., 2003; Zaninovich, 2005). However, only triiodothyronine (T3) seems to regulate UCP, while thyroxine (T4) has no effect (Lanni et al., 2003). Studies have shown that thyroid hormones affect the lipid metabolism of rat tissues and, consequently, their susceptibility to oxidative stress. However, conflicting effects have been noted from exposure to T3 and T4. In rat liver, T3-induced hyperthyroidism has been found to be associated with altered lipid peroxidation indices, including elevated levels of 2-thiobarbituric active substances (TBARS) and lipid hydroperoxides, which are by-products of lipid peroxidation (Venditti et al., 1997, 1999). In contrast, no change in the increase in TBARS was found in the homogenized liver of hyperthyroid rats treated with T4 over a 4-week period (Huh et al., 1998). Significant increases in the amount of TBARS or lipid hydroperoxides were observed in the testicles of hyperthyroid adult rats (Zamoner et al., 2007). The T3 treatment produced an imbalance in their testicular redox status, reflected by a significant increase in the amount of TBARS and protein carbonyl content in the testicular homogenates of 20-day-old rats (Kamel and Hamouli-Said, 2018).

Cheserek et al. (2015) determined whether there was increased oxidation of lipids and proteins in SCH, and examined their association

with lipids and thyroid hormones. The results of these researchers revealed that oxidative stress was increased in subclinical hypothyroidism as evidenced by the elevated lipid peroxidation product, malondialdehyde, while protein oxidation was absent. Thus, the reduction of oxidative stress may be beneficial in patients with subclinical hypothyroidism.

Conclusions

In the current study, we analyzed changes in levels of oxidative stress markers (lipid peroxidation and oxidative modification of proteins) and the total antioxidant capacity in the blood of women and men with Hashimoto's

thyroiditis. As a result of the current research, statistically significant changes in levels of oxidative stress markers were not observed. In women with HT, elevated TBARS levels with simultaneously increased TAC levels in the plasma and erythrocytes were observed. Additionally, levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidative modification of proteins in the blood of women with HT were lower compared to the women with the euthyroid state. In men with HT, levels of markers of oxidative stress (except TAC levels in the plasma) were lower compared to those obtained in men with the euthyroid state.

References

- Antonelli, A., Ferrari, S. M., Corrado, A., Di Domenicantonio, A., & Fallahi, P. (2015). Autoimmune thyroid disorders. *Autoimmunity reviews*, 14(2), 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2014.10.016>
- Ates, I., Arıkan, M. F., Altay, M., Yılmaz, F. M., Yılmaz, N., Berker, D., & Güler, S. (2018). The effect of oxidative stress on the progression of Hashimoto's thyroiditis. *Archives of physiology and biochemistry*, 124(4), 351–356. <https://doi.org/10.1080/13813455.2017.1408660>
- Ates, I., Yılmaz, F. M., Altay, M., Yılmaz, N., Berker, D., & Güler, S. (2015). The relationship between oxidative stress and autoimmunity in Hashimoto's thyroiditis. *European journal of endocrinology*, 173(6), 791–799. <https://doi.org/10.1530/EJE-15-0617>
- Barreiro Arcos, M. L., Gorelik, G., Klecha, A., Genaro, A. M., & Cremaschi, G. A. (2006). Thyroid hormones increase inducible nitric oxide synthase gene expression downstream from PKC-zeta in murine tumor T lymphocytes. *American journal of physiology. Cell physiology*, 291(2), C. 327–336. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00316.2005>
- Burton, G. J., & Jauniaux, E. (2011). Oxidative stress. Best practice & research. *Clinical obstetrics & gynaecology*, 25(3), 287–299. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2010.10.016>
- Carvalho, D. P., & Dupuy, C. (2013). Role of the NADPH Oxidases DUOX and NOX4 in Thyroid Oxidative Stress. *European thyroid journal*, 2(3), 160–167. <https://doi.org/10.1159/000354745>
- Chakrabarti, S. K., Ghosh, S., Banerjee, S., Mukherjee, S., & Chowdhury, S. (2016). Oxidative stress in hypothyroid patients and the role of antioxidant supplementation. *Indian journal of endocrinology and metabolism*, 20(5), 674–678. <https://doi.org/10.4103/2230-8210.190555>
- Cheserek, M. J., Wu, G. R., Ntazinda, A., Shi, Y. H., Shen, L. Y., & Le, G. W. (2015). Association Between Thyroid Hormones, Lipids and Oxidative Stress Markers in Subclinical Hypothyroidism. *Journal of medical biochemistry*, 34(3), 323–331. <https://doi.org/10.2478/jomb-2014-0044>
- Dissmeyer, N., Rivas, S., & Graciet, E. (2018). Life and death of proteins after protease cleavage: protein degradation by the N-end rule pathway. *The New phytologist*, 218(3), 929–935. <https://doi.org/10.1111/nph.14619>
- Dubinina, E. E., Burmistrov, S. O., Khodov, D. A., & Porotov, I. G. (1995). Oxidative modification of human serum proteins. A method of determining it. *Voprosy meditsinskoi khimii*, 41(1), 24–26. (in Russian)
- Дубинина Е. Е., Бурмистров С. О., Ходов Д. А., Поротов И.Г. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод ее определения. *Вопросы медицинской химии*. 1995. Т. 41, № 1. С. 24-26.

Erdamar, H., Cimen, B., Gülcemal, H., Saraymen, R., Yerer, B., & Demirci, H. (2010). Increased lipid peroxidation and impaired enzymatic antioxidant defense mechanism in thyroid tissue with multinodular goiter and papillary carcinoma. *Clinical biochemistry*, 43(7-8), 650–654. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2010.02.005>

Franco, J.-S., Amaya-Amaya, J., & Anaya J.-M. (2013). Thyroid disease and autoimmune diseases. In Anaya J.M., Shoenfeld Y., Rojas-Villarraga A. et al. (Eds), *Autoimmunity: From Bench to Bedside* (Chapter 30). El Rosario University Press. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459466/>

Galaktionova, L.P., Molchanov, A.V., Elchaninova, S.A., & Varshavsky, B.Ya. (1998). Lipid peroxidation in patients with gastric and duodenal peptic ulcers. *Klinicheskaja laboratornaia diagnostika*, (6), 10–14. (in Russian)

Галактионова Л.П., Молчанов А.В., Ельчанинова С.А., Варшавский Б.Я. Состояние перекисного окисления у больных язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки. *Клиническая лабораторная диагностика*. 1998. № 6. С. 10-14.

Grimsrud, P. A., Xie, H., Griffin, T. J., & Bernlohr, D. A. (2008). Oxidative stress and covalent modification of protein with bioactive aldehydes. *The Journal of biological chemistry*, 283(32), 21837–21841. <https://doi.org/10.1074/jbc.R700019200>

Haribabu, A., Reddy, V. S., Pallavi, C.h, Bitla, A. R., Sachan, A., Pullaiah, P., Suresh, V., Rao, P. V., & Suchitra, M. M. (2013). Evaluation of protein oxidation and its association with lipid peroxidation and thyrotropin levels in overt and subclinical hypothyroidism. *Endocrine*, 44(1), 152–157. <https://doi.org/10.1007/s12020-012-9849-y>

Hollowell, J. G., Staehling, N. W., Flanders, W. D., Hannon, W. H., Gunter, E. W., Spencer, C. A., & Braverman, L. E. (2002). Serum TSH, T(4), and thyroid antibodies in the United States population (1988 to 1994): National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 87(2), 489–499. <https://doi.org/10.1210/jcem.87.2.8182>

Huh, K., Kwon, T. H., Kim, J. S., & Park, J. M. (1998). Role of the hepatic xanthine oxidase in thyroid dysfunction: effect of thyroid hormones in oxidative stress in rat liver. *Archives of pharmacal research*, 21(3), 236–240. <https://doi.org/10.1007/BF02975281>

Kamel, A., & Hamouli-Said, Z. (2018). Neonatal exposure to T3 disrupts male reproductive functions by altering redox homeostasis in immature testis of rats. *Andrologia*, 50(9), e13082. <https://doi.org/10.1111/and.13082>

Kamyshnikov, V. S. (2004). *A reference book on clinical and biochemical research and laboratory diagnostics* (2nd ed.). MEDpress-inform. (in Russian)

Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. Москва: Изд. «МЕДпресс-информ», 2004. 920 с.

Khan, F. A., Al-Jameil, N., Khan, M. F., Al-Rashid, M., & Tabassum, H. (2015). Thyroid dysfunction: an autoimmune aspect. *International journal of clinical and experimental medicine*, 8(5), 6677–6681.

Kochman, J., Jakubczyk, K., Bargiel, P., & Janda-Milczarek, K. (2021). The Influence of Oxidative Stress on Thyroid Diseases. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(9), 1442. <https://doi.org/10.3390/antiox10091442>

Kristensen, B. (2016). Regulatory B and T cell responses in patients with autoimmune thyroid disease and healthy controls. *Danish medical journal*, 63(2), B5177.

Lanni, A., Moreno, M., Lombardi, A., & Goglia, F. (2003). Thyroid hormone and uncoupling proteins. *FEBS letters*, 543(1-3), 5–10. [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(03\)00320-x](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(03)00320-x)

- 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)
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 4(8), 118–126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- Mancini, A., Di Segni, C., Raimondo, S., Olivieri, G., Silvestrini, A., Meucci, E., & Currò, D. (2016). Thyroid Hormones, Oxidative Stress, and Inflammation. *Mediators of inflammation*, 2016, 6757154. <https://doi.org/10.1155/2016/6757154>
- Marrocco, I., Altieri, F., & Peluso, I. (2017). Measurement and Clinical Significance of Biomarkers of Oxidative Stress in Humans. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017, 6501046. <https://doi.org/10.1155/2017/6501046>
- Mikoś, H., Mikoś, M., Obara-Moszyńska, M., & Niedziela, M. (2014). The role of the immune system and cytokines involved in the pathogenesis of autoimmune thyroid disease (AITD). *Endokrynologia Polska*, 65(2), 150–155. <https://doi.org/10.5603/EP.2014.0021>
- Mikulska, A. A., Karaźniewicz-Łada, M., Filipowicz, D., Ruchała, M., & Główska, F. K. (2022). Metabolic Characteristics of Hashimoto's Thyroiditis Patients and the Role of Microelements and Diet in the Disease Management – An Overview. *International journal of molecular sciences*, 23(12), 6580. <https://doi.org/10.3390/ijms23126580>
- Morawska, K., Maciejczyk, M., Popławski, Ł., Popławska-Kita, A., Kretowski, A., & Zalewska, A. (2020). Enhanced Salivary and General Oxidative Stress in Hashimoto's Thyroiditis Women in Euthyrosis. *Journal of clinical medicine*, 9(7), 2102. <https://doi.org/10.3390/jcm9072102>
- Nekrasova, T. A., Shcherbatyuk, T. G., Davydenko, D. V., Ledentsova, O. V., & Strongin, L. G. (2011). Peculiarities of lipid and protein peroxidation in autoimmune thyroiditis with and without mild thyroid dysfunction. *Clinical and experimental thyroidology*, 7(4):38-43. (in Russian)
Некрасова Т. А., Щербатюк Т. Г., Давыденко Д. В., Леденцова О. В., Стронгин Л. Г. Особенности перекисного окисления липидов и белков при аутоиммунном тиреоидите с легкой степенью нарушения функции щитовидной железы и без нее. *Клиническая и экспериментальная тиреоидология*. 2011. Вып.7, №4. С. 38-43.
- Ohye, H., & Sugawara, M. (2010). Dual oxidase, hydrogen peroxide and thyroid diseases. *Experimental biology and medicine (Maywood, N.J.)*, 235(4), 424–433. <https://doi.org/10.1258/ebm.2009.009241>
- Öztürk, Ü., Vural, P., Özdeyrya, A., Karadağ, B., Doğru-Abbasoğlu, S., & Uysal, M. (2012). Oxidative stress parameters in serum and low density lipoproteins of Hashimoto's thyroiditis patients with subclinical and overt hypothyroidism. *International immunopharmacology*, 14(4), 349–352. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2012.08.010>
- Papadopoulou, A. M., Bakogiannis, N., Skrapari, I., Moris, D., & Bakoyiannis, C. (2020). Thyroid Dysfunction and Atherosclerosis: A Systematic Review. *In vivo (Athens, Greece)*, 34(6), 3127–3136. <https://doi.org/10.21873/invivo.12147>
- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., & Periyasamy, L. (2015). Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian journal of clinical biochemistry: IJCB*, 30(1), 11–26. <https://doi.org/10.1007/s12291-014-0446-0>
- Ralli, M., Angeletti, D., Fiore, M., D'Aguanno, V., Lambiase, A., Artico, M., de Vincentiis, M., & Greco, A. (2020). Hashimoto's thyroiditis: An update on pathogenic mechanisms, diagnostic protocols, therapeutic strategies, and potential malignant transformation. *Autoimmunity reviews*, 19(10), 102649. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2020.102649>

- Rocchi, R., Rose, N.R., & Caturegli, P. (2008). Hashimoto Thyroiditis. In: Shoenfeld Y., Cervera R., & Gershwin M.E. (Eds.), *Diagnostic Criteria in Autoimmune Diseases* (pp. 217–220). Humana Press.
- Rovcanin, B. R., Gopcevic, K. R., Kekic, D. L.j, Zivaljevic, V. R., Diklic, A. Dj, & Paunovic, I. R. (2016). Papillary Thyroid Carcinoma: A Malignant Tumor with Increased Antioxidant Defense Capacity. *The Tohoku journal of experimental medicine*, 240(2), 101–111. <https://doi.org/10.1620/tjem.240.101>
- Ruggeri, R. M., Giovinazzo, S., Barbalace, M. C., Cristani, M., Alibrandi, A., Vicchio, T. M., Giuffrida, G., Aguenouz, M. H., Malaguti, M., Angeloni, C., Trimarchi, F., Hrelia, S., Campenni, A., & Cannavò, S. (2021). Influence of Dietary Habits on Oxidative Stress Markers in Hashimoto's Thyroiditis. *Thyroid: official journal of the American Thyroid Association*, 31(1), 96–105. <https://doi.org/10.1089/thy.2020.0299>
- Rybakova, A. A., Platonova, N. M., & Troshina, E. A. (2020). Oxidative stress and its role in the development of autoimmune thyroid diseases. *Problems of Endocrinology*, 65(6), 451–457. <https://doi.org/10.14341/probl11827> (in Russian)
Рыбакова А.А., Платонова Н.М., Трошина Е.А. Оксидативный стресс и его роль в развитии аутоиммунных заболеваний щитовидной железы. *Проблемы эндокринологии*. 2020. Вып. 65, №6. С. 451-457.
- Santi, A., Duarte, M. M., de Menezes, C. C., & Loro, V. L. (2012). Association of lipids with oxidative stress biomarkers in subclinical hypothyroidism. *International journal of endocrinology*, 2012, 856359. <https://doi.org/10.1155/2012/856359>
- Szanto, I., Pusztaszeri, M., & Mavromati, M. (2019). H₂O₂ Metabolism in Normal Thyroid Cells and in Thyroid Tumorigenesis: Focus on NADPH Oxidases. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 8(5), 126. <https://doi.org/10.3390/antiox8050126>
- Tapia, G., Fernández, V., Varela, P., Cornejo, P., Guerrero, J., & Videla, L. A. (2003). Thyroid hormone-induced oxidative stress triggers nuclear factor-kappaB activation and cytokine gene expression in rat liver. *Free radical biology & medicine*, 35(3), 257–265. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(03\)00209-0](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(03)00209-0)
- Torun, A. N., Kulaksizoglu, S., Kulaksizoglu, M., Pamuk, B. O., Isbilen, E., & Tutuncu, N. B. (2009). Serum total antioxidant status and lipid peroxidation marker malondialdehyde levels in overt and subclinical hypothyroidism. *Clinical endocrinology*, 70(3), 469–474. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2265.2008.03348.x>
- Venditti, P., Balestrieri, M., Di Meo, S., & De Leo, T. (1997). Effect of thyroid state on lipid peroxidation, antioxidant defences, and susceptibility to oxidative stress in rat tissues. *The Journal of endocrinology*, 155(1), 151–157. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1550151>
- Venditti, P., Daniele, M. C., Masullo, P., & Di Meo, S. (1999). Antioxidant-sensitive triiodothyronine effects on characteristics of rat liver mitochondrial population. *Cellular physiology and biochemistry: international journal of experimental cellular physiology, biochemistry, and pharmacology*, 9(1), 38–52. <https://doi.org/10.1159/000016301>
- Villanueva, I., Alva-Sánchez, C., & Pacheco-Rosado, J. (2013). The role of thyroid hormones as inductors of oxidative stress and neurodegeneration. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2013, 218145. <https://doi.org/10.1155/2013/218145>
- Zamoner, A., Barreto, K. P., Filho, D. W., Sell, F., Woehl, V. M., Guma, F. C., Silva, F. R., & Pessoa-Pureur, R. (2007). Hyperthyroidism in the developing rat testis is associated with oxidative stress and hyperphosphorylated vimentin accumulation. *Molecular and cellular endocrinology*, 267(1-2), 116–126. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2007.01.005>

Zaninovich, A. A. (2005). Role of uncoupling proteins UCP1, UCP2 and UCP3 in energy balance, type 2 diabetes and obesity. Synergism with the thyroid. *Medicine*, 65(2), 163–169.

Занинович А. А. Роль разобщающих белков UCP1, UCP2 и UCP3 в энергетическом балансе, диабете 2 типа и ожирении. Синергизм с щитовидной железой. *Медицина*. 2005. Вып. 65, №2. С. 163-169.

Zar, J.H. (1999). *Biostatistic Analysis*. 4th ed. Prentice Hall Inc.

Zimmermann, M. B., & Boelaert, K. (2015). Iodine deficiency and thyroid disorders. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, 3(4), 286–295. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(14\)70225-6](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(14)70225-6)

Received: 20.01.2024. Accepted: 06.03.2024. Published: 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Tkaczenko H., Osmólska U., Kurhaluk N. Markers of lipid and protein oxidation in the blood of women and men with autoimmune Hashimoto's thyroiditis. *Biota. Human. Technology*. 2024. №1. С. 103-116.

Cite this article in APA style as:

Tkaczenko, H., Osmólska, U., & Kurhaluk, N. (2024). Markers of lipid and protein oxidation in the blood of women and men with autoimmune Hashimoto's thyroiditis. *Biota. Human. Technology*, 1, 103-116.

Information about the authors:

Tkaczenko H. [*in Ukrainian: Ткаченко Г.*]¹, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halina.tkaczenko@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3951-9005 Scopus-Author ID: 16032082200
Department of Zoology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

Osmólska U. [*in Ukrainian: Осмульська У.*]², Ph.D., Assoc. Prof., email: urszula.osmolska@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0003-4661-0085
Department of Nursing, Division of Nursing and Emergency Medical Services, Institute of Health Sciences, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland
Non-public Health Care Center U & O Zdrowie – Home-based long-term care, Lębork

Kurhaluk N. [*in Ukrainian: Кургалюк Н.*]³, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: natalia.kurhaluk@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0002-4669-1092 Scopus-Author ID: 55520986600
Department of Animal Physiology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

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

² Data collection.

³ Study design, statistical analysis, manuscript preparation.

UDC 616.441-008.64:616.127-005.8]:616.15

Natalia Kurhaluk, Małgorzata Dubik-Tota, Krzysztof Tota, Halina Tkaczenko

WPŁYW WIEKU, AKTYWNOŚCI FIZYCZNEJ, PALENIA ORAZ OBECNOŚCI ZAWAŁU SERCA I CHORÓB TARCZYCY W RODZINIE NA POZIOM ALDEHYDOWYCH I KETONOWYCH POCHODNYCH OKSYDACYJNEJ MODYFIKACJI BIAŁEK WE KRWI KOBIET I MĘŻCZYŹN Z ZAWAŁAMI SERCA I NIEDOCZYNNOŚCIĄ TARCZYCY

Natalia Kurhaluk, Małgorzata Dubik-Tota, Krzysztof Tota, Halina Tkaczenko

IMPACT OF AGE, PHYSICAL ACTIVITY, SMOKING AND THE PRESENCE OF MYOCARDIAL INFARCTION AND THYROID DISEASES IN THE FAMILY ON THE LEVELS OF ALDEHYDIC AND KETONIC DERIVATIVES OF OXIDATIVE MODIFICATION OF PROTEINS IN THE BLOOD OF WOMEN AND MEN WITH MYOCARDIAL INFARCTS AND HYPOTHYROIDISM

DOI: 10.58407/bht.1.24.11

STRESZCZENIE

O znaczeniu hormonów tarczycy w utrzymaniu homeostazy układu sercowo-naczyniowego można wywnioskować na podstawie danych klinicznych i eksperymentalnych pokazujących, że nawet subtelne zmiany stężeń hormonów tarczycy – takie jak obserwowane w subklinicznej niedoczynności lub nadczynności tarczycy oraz zespole niskiego poziomu trijodotyroniny – wpływają niekorzystnie na układ sercowo-naczyniowy. Niektóre potencjalne mechanizmy łączące te dwa stany to dyslipidemia, dysfunkcja śródbłonna, zmiany ciśnienia krwi i bezpośredni wpływ hormonów tarczycy na mięsień sercowy.

Cel badań: Przeanalizowanie zmian stężenia markerów stresu oksydacyjnego, m.in. oksydacji reszt aminokwasowych białek [stężenie aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnie modyfikowanych białek (OMB)] we krwi osób z niedoczynnością tarczycy i/lub zawałami serca, mieszkającymi na terenie Pomorza Środkowego w zależności od wieku, aktywności fizycznej, palenia oraz obecności zawału serca i chorób tarczycy w rodzinie.

Metodologia. Ocena stężenia markerów stresu oksydacyjnego została przeprowadzona u 243 osób, mianowicie, 142 mężczyzn (58,44 %) i 101 kobiet (41,57 %) w wieku 35-71 lat, zamieszkałych na terenie Pomorza Środkowego. Oznaczanie poziomu aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB) we krwi przeprowadzono według metody Levine i in. (1990), w modyfikacji Dubinina i in. (1995).

Nowatorstwo naukowe. Jak wynika z naszych badań, poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek był znacznie wyższy u osób starszych, a poziom ketonowych pochodnych – wyższy u osób młodszych z zawałami serca oraz zawałami serca i hipotyreozą. Świadczy to o nasileniu stresu oksydacyjnego w obu przedstawionych jednostkach chorobowych zarówno wśród osób starszych, jak i młodszych. Najwyższy poziom aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek odnotowano wśród osób z zawałami serca i hipotyreozą o małej aktywności fizycznej oraz wśród osób niepalących, które chorują na niedoczynność tarczycy i dodatkowo przeszły zawały serca, co może świadczyć o nasileniu stresu oksydacyjnego w tych chorobach, niezależnie od aktywności fizycznej i palenia papierosów. Najwyższy poziom pochodnych aldehydowych odnotowano w grupie osób z zawałami serca i hipotyreozą z obecnym zawałem serca w rodzinie, co może świadczyć o nasileniu stresu oksydacyjnego w obu chorobach, zwłaszcza w tej grupie badanej. Najwyższy poziom badanych parametrów odnotowano wśród osób z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy w obrębie osób z chorobami tarczycy w rodzinie, jak i tych osób, u których w rodzinie choroby tarczycy nie występują. Świadczy to o nasileniu stresu oksydacyjnego w obu przedstawionych jednostkach chorobowych, bez względu na czynnik, jakim są choroby tarczycy w rodzinie.

Wnioski. W przebiegu zawałów serca na poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnie zmodyfikowanych białek wpływa płeć, natomiast na poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek – obecność zawału serca w rodzinie. Na poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek u osób z niedoczynnością

tarczycy wpływa mała aktywność fizyczna i wiek powyżej 55. lat, natomiast na poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek wpływa płeć badanych osób. W przebiegu zawałów serca i hipotyreozy na poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek wpływa wiek i aktywność fizyczna, natomiast na poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek wpływa wiek badanych osób.

Słowa kluczowe: aldehydowe i ketonowe pochodne oksydacyjnie modyfikowanych białek (OMB), niedoczynność tarczycy, zawał mięśnia sercowego, kobiety, mężczyźni, aktywność fizyczna, palenie papierosów

ABSTRACT

The importance of thyroid hormones in maintaining homeostasis of the cardiovascular system can be inferred from clinical and experimental data showing that even subtle changes in thyroid hormone concentrations - such as those observed in subclinical hypothyroidism or hyperthyroidism and low triiodothyronine syndrome - adversely affect the cardiovascular system. Some potential mechanisms linking the two conditions are dyslipidemia, endothelial dysfunction, changes in blood pressure, and the direct effects of thyroid hormones on the myocardium.

Purpose: analysis of changes in the concentration of markers of oxidative stress, e.g. oxidation of protein amino acid residues [concentration of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins (OMP)] in the blood of individuals with hypothyroidism and/or myocardial infarcts, living in the central Pomeranian region, depending on age, physical activity, smoking and the presence of myocardial infarcts and thyroid diseases in the family.

Methodology. The level of oxidative stress markers was assessed among 243 individuals, i.e. 142 males (58.44 %) and 101 females (41.57 %) aged 35-71 years residing in the central Pomeranian region. In the collected venous blood, an assessment of levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified protein analyses was carried out.

Scientific novelty. According to our research, the level of aldehydic derivatives of oxidative modification of proteins was significantly higher in the elderly (more than 55 years old), and the level of ketonic derivatives was higher in younger individuals (less than 55 years old) with myocardial infarction and with both myocardial infarction and hypothyroidism. This proves the intensification of oxidative stress in both presented diseases, both among the elderly and younger individuals. The highest level of aldehydic and ketonic derivatives of oxidative modification of proteins was noted among individuals with myocardial infarctions and hypothyroidism with low physical activity and among non-smokers who suffer from hypothyroidism and additionally suffered myocardial infarctions, which may indicate an increase in oxidative stress at these diseases, regardless of physical activity and smoking. The highest level of aldehydic derivatives was noted in the group of individuals with myocardial infarction and hypothyroidism with myocardial infarction in family history, which may indicate an increase in oxidative stress in both diseases, especially in this studied group. The highest level of oxidative modification of proteins was noted among individuals with myocardial infarction and hypothyroidism, individuals with thyroid diseases in their family history, as well as those with no thyroid diseases in their family history. This proves the intensification of oxidative stress in both presented diseases, regardless of the factor of thyroid diseases in the family history.

Conclusions. In the course of myocardial infarction, the level of aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins is affected by gender, while the level of ketonic derivatives of oxidatively modified proteins is affected by the presence of a myocardial infarction in the family history. The level of aldehydic derivatives of oxidative modification of proteins in individuals with hypothyroidism is influenced by low physical activity and age over 55, while the level of ketonic derivatives of oxidative modification of proteins is affected by the gender of the individuals. In the course of myocardial infarction and hypothyroidism, the level of aldehydic derivatives of protein oxidative modification is affected by age and physical activity, while the level of ketonic derivatives of protein oxidative modification is affected by the age of individuals.

Keywords: aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins, hypothyroidism, myocardial infarction, females, males, physical activity, smoking

Wprowadzenie

Dla większości organizmów aerobowych tlen częściowo zredukowany w formie rodników oraz nadtlenu wodoru jest bardzo niebezpieczny i może powodować trwałe uszkodzenia białek, lipidów, węglowodanów, kwasów nukleinowych, struktur komórkowych oraz inaktywację enzymów (Apel and Hirt, 2004; Pizzino et al., 2017). W warunkach homeostazy, reaktywne formy tlenu (RFT), pomimo swej toksycznej natury, uczestniczą w przebiegu wielu procesów fizjologicznych (Mittler, 2017; Lennicke and Cochemé, 2021). Jedną z najbardziej istotnych ról wolnych rodników jest regulacja procesów przekazy-

wania sygnału z komórki do komórki oraz w jej obrębie (Rahal et al., 2014; Forrester et al., 2018). Ponadto RFT uczestniczą w procesach wzrostu, różnicowania i apoptozy komórek, wpływają na syntezę, uwalnianie i/lub inaktywację tlenu azotu oraz pobudzają transport glukozy do komórek (D'Autréaux and Toledano, 2007; Li et al., 2016). Dodatkowo zwiększając przepuszczalność ścian naczyń włosowatych warunkują prawidłowy przebieg reakcji zapalnej, jak i przebieg procesów odpornościowych (Mittal et al., 2014). RFT mają również swój udział w biosyntezie tyroksyny i prostaglandyn, które uczestniczą w procesach metabolicznych ustroju (Szanto et al., 2019).

Oprócz tego obecność H_2O_2 jest konieczne do przeprowadzenia reakcji jodowania tyreoglobuliny i syntezy hormonów tarczycy (Ohye and Sugawara, 2010).

Pomimo tak ważnej roli wolnych rodników w procesach fizjologicznych z wielu powodów może dojść do zachwiania równowagi między systemami generującymi wolne rodniki, a systemami antyoksydacyjnymi i doprowadzić do zjawiska stresu oksydacyjnego (Da Costa et al., 2012). W wielu badaniach udowodniono, że choroby tarczycy są ściśle związane ze stresem oksydacyjnym, ponieważ ogromna większość reaktywnych form tlenu generowana jest na poziomie mitochondrialnym poprzez fosforylację oksydacyjną, a hormony tarczycy regulując metabolizm energetyczny, działają głównie na mitochondria, które są z kolei głównym źródłem wewnątrzkomórkowych wolnych rodników (Venditti and Di Meo, 2006; Mancini et al., 2013).

Hormony tarczycy regulują wiele istotnych procesów fizjologicznych organizmu, takich jak metabolizm energetyczny, wzrost i tworzenie ośrodkowego układu nerwowego, różnicowanie i reprodukcja komórek, co tłumaczy szeroki zakres objawów związanych z nieprawidłowościami w ich działaniu (Köhrle, 2018). Molekularne działanie hormonów tarczycy odbywa się za pośrednictwem jądrowych receptorów dla hormonów tarczycy, które po związaniu ligandu aktywują geny poprzez wiązanie z elementami odpowiedzi na hormony tarczycy (Hulbert, 2000). Wpływ hormonów tarczycy na metabolizm może powodować względne przyspieszenie podstawowego metabolizmu, które obejmuje wzrost szybkości zarówno reakcji katabolicznych, jak i anabolicznych, co skutkuje zwiększonym wydatkiem energetycznym, utlenianiem energii, zużyciem tlenu oraz wytwarzaniem i uwalnianiem ciepła (Villanueva et al., 2013). Nadprodukcja RFT prowadzi do zwiększonego zużycia tlenu przez hormony tarczycy, co zaburza równowagę redoks prowadząc do stresu oksydacyjnego, a w konsekwencji – do uszkodzenia struktur komórkowych, lipidów, białek i DNA (Mancini et al., 2016; Barreiro Arcos, 2022).

Dodatkowo utrzymanie homeostazy hormonów tarczycy jest konieczne dla prawidłowego funkcjonowania układu sercowo-naczyniowego (Gerdes and Iervasi, 2010; Vargas-Uricoechea et al., 2014). Hormony tarczycy działają bezpośrednio na transkrypcję specyficznych i niespecyficznych genów

sercowych (Klein and Ojamaa, 2001; Vale et al., 2019), głównie trójiodotyronina (T_3), która jest aktywną postacią hormonu tarczycy. Ze względu na lipofilowy charakter hormonów tarczycowych, mogą one łatwo dyfundować przez błonę cytoplazmatyczną kardiomiocytów, skąd lipofilowa T_3 wchodzi do jądra i wiąże się z jądrowymi receptorami hormonów tarczycy, które następnie wiążą się z DNA i regulują ekspresję genów kodujących strukturalne i funkcjonalne białka sercowe, np. regulujące cykl wapniowy w mięśniu sercowym (Vargas-Uricoechea et al., 2014; Martinez, 2016). Zatem T_3 moduluje główne składniki i funkcjonowanie całego układu krążenia: serce, naczynia krwionośne i przepływ krwi. W tych okolicznościach łatwo zrozumieć, dlaczego zmieniony stan hormonów tarczycy może przyczyniać się do upośledzenia czynności serca (Paschou et al., 2022).

Choroba niedokrwienna serca towarzysząca niedoczynności tarczycy może występować wcześniej lub być nasiloną z powodu dysfunkcji tarczycy, zwłaszcza w miarę wzrostu obwodowego oporu naczyniowego, a nadciśnienie tętnicze związane z niedoczynnością tarczycy może przebiegać bezobjawowo lub może towarzyszyć jawne niedokrwienie mięśnia sercowego, w tym dusznica bolesna lub zawał mięśnia sercowego (Graiss and Sowers, 2014; Delitala et al., 2019). Do istotnych zmian układu sercowo-naczyniowego u chorych z niedoczynnością tarczycy należy bradykardia zatokowa, zmniejszenie rzutu serca, nadciśnienie rozkurczowe, zwiększone zapotrzebowanie mięśnia sercowego z powodu zwiększonego obciążenia następczego oraz ryzyko miażdżycy z powodu dyslipidemii (Límanová and Jiskra, 2016; Debmalya et al., 2022). Niektóre z tych zmian są czynnikami ryzyka choroby niedokrwiennej serca, niektóre odnoszą się do prawa przepływu, a niektóre są głównymi wyznacznikami funkcji lewej komory i zapotrzebowania mięśnia sercowego na tlen (Jabbar et al., 2017).

Z kolei nadczynności tarczycy towarzyszy głównie nadciśnienie skurczowe, przerost lewej komory serca, nietolerancja wysiłkowa, dusznica bolesna i szmery skurczowe. Powikłania te najczęściej są przyczyną migotania przedsionków z ryzykiem udaru mózgu oraz niewydolności serca (Beyer et al., 2017; Delitala, 2017).

W związku z tym, że metaboliczne działanie hormonów tarczycy ściśle wiąże się z chorobami serca i generowaniem RFT i stresu oksydacyjnego. Spowodowane przez nie uszkodzenia mogą mieć wpływ na endogeny

system obrony antyoksydacyjnej. Jednak wciąż mało badań nad zmiennością statusu oksydacyjnego powiązanych z zaburzeniami tarczycy u osób z wieloma incydentami wieńcowymi. W tym celu osoby z chorobami tarczycy i wielokrotnym zawałem serca zostały zaproponowane, by przybliżyć problem aktualnych zagrożeń wynikających z rozwoju współczesnych chorób cywilizacyjnych, takich jak choroby gruczołu tarczowego i związane z nimi choroby układu sercowo-naczyniowego. Markery stresu oksydacyjnego mogą pełnić rolę czynników predykcyjnych tych chorób u osób różnego wieku i płci.

Dlatego zwracając uwagę na aktualność danego problemu, postawiono za cel przeanalizowanie zmian stężenia markerów stresu oksydacyjnego, m.in. oksydacji reszt aminokwasowych białek [stężenie aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnie modyfikowanych białek (OMB)] we krwi osób z niedoczynnością tarczycy i/lub zawałami serca, mieszkającymi na terenie Pomorza Środkowego w zależności od wieku, aktywności fizycznej, palenia oraz obecności zawału serca i chorób tarczycy w rodzinie.

Materiały i metody badań

Grupy randomizacji. Materiał do badań (krew żylna) zebrano u 243 osób na terenie Pomorza Środkowego. Do badania włączone zostały osoby z niedoczynnością tarczycy i zawałem serca w wieku 35-71 lat, które wyraziły zgodę na udział w badaniu oraz ochotnicy spośród pracowników Państwowej Straży Pożarnej w Koszalinie. Przed włączeniem do badania, każda osoba wyraziła pisemną zgodę na udział w badaniu po zapoznaniu się z protokołem badania. Ze wszystkimi osobami przeprowadzono ankietę, zawierającą pytania na temat występowania i przebiegu chorób, występowania chorób w rodzinie, poziomie aktywności fizycznej i palenia tytoniu. Zgoda na badanie została zaakceptowana przez Komisję Bioetyczną przy Okręgowej Izbie Lekarskiej w Gdańsku w 2015 roku.

Ocena stężenia markerów stresu oksydacyjnego we krwi została przeprowadzona u 243 osób, mianowicie, 142 mężczyzn (58,44 %) i 101 kobiet (41,57 %) w wieku 35-71 lat, zamieszkałych na terenie Pomorza Środkowego.

Wszystkie osoby zostały podzielone na następujące grupy:

Grupa 1: 60 zdrowych ochotników.

Do tej grupy wliczono 49 mężczyzn w wieku 35-70 lat i 11 kobiet w wieku 35-68 lat.

Wszyscy ochotnicy, którzy wzięli udział w badaniu byli czynnymi funkcjonariuszami Państwowej Straży Pożarnej w Koszalinie. Z racji wykonywanego zawodu, w którym liczniejszą grupę stanowią mężczyźni, grupa kobiet była mniejsza. Spośród ochotników wyłoniono osoby zdrowe na podstawie przedstawionych badań laboratoryjnych wymienionych powyżej z okresu ostatnich trzech miesięcy oraz przeprowadzono wywiad-ankietę w kierunku występowania chorób, chorób w rodzinie, aktywności fizycznej i palenia tytoniu.

Grupa 2: 65 osób, które przeszły co najmniej dwa zawały serca.

Grupę stanowiły 33 mężczyzn w wieku 38-71 lat i 32 kobiety w wieku 36-71 lat. Grupę osób badanych wyłoniono na podstawie wywiadu-ankiety, przeprowadzonej w Wojewódzkim Szpitalu im. Mikołaja Kopernika w Koszalinie i Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym im. Janusza Korczaka w Słupsku na oddziale kardiologii, a typ i rodzaj zawałów serca uzyskano z kart informacyjnych przedstawionych przez osoby badane po uzyskaniu zgody. Dodatkowe informacje na temat przebiegu zawałów, chorób w rodzinie, aktywności fizycznej i palenia tytoniu otrzymano po przeprowadzeniu ankiety.

Grupa 3: 60 osób z niedoczynnością tarczycy.

Do tej grupy zaliczono 35 mężczyzn w wieku 30-70 lat i 25 kobiet w wieku 35-70 lat. Grupę osób badanych wyłoniono na podstawie przeprowadzonej ankiety w Wojewódzkim Szpitalu im. Mikołaja Kopernika w Koszalinie i Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym im. Janusza Korczaka w Słupsku na oddziale wewnętrznym, a rodzaj schorzenia uzyskano z przedstawionych badań laboratoryjnych i karty informacyjnej leczenia szpitalnego.

Grupa 4: 58 osób z niedoczynnością tarczycy, które przeszły co najmniej dwa zawały serca.

Grupę stanowiły 25 mężczyzn w wieku 35-70 lat i 33 kobiety w wieku 33-70 lat. Grupę osób badanych wyłoniono na podstawie wywiadu-ankiety, przeprowadzonej w Wojewódzkim Szpitalu im. Mikołaja Kopernika w Koszalinie i Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym im. Janusza Korczaka w Słupsku na oddziale kardiologii. Informacje na temat przebiegu zawałów serca i hipotyreozy uzyskano na podstawie kart informacyjnych leczenia szpitalnego oraz badań laboratoryjnych.

Pobieranie i przygotowanie materiału.

Materiał do badań stanowiła krew pobrana z żyły łokciowej do probówek z K₃-EDTA i z

cytrynianem sodu. Krew pobierano w warunkach szpitalnych, następnie odwirowano w wirówce (5 min, 3000 obr./min). Otrzymane osocze przeniesiono do odpowiednio oznakowanych probówek i zamrożone w temp. -21°C . W uzyskanym osoczu, natychmiast po rozmrożeniu wykonano analizy w kierunku oceny stężenia aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB) w laboratorium Zakładu Fizjologii Zwierząt Instytutu Biologii Uniwersytetu Pomorskiego w Słupsku.

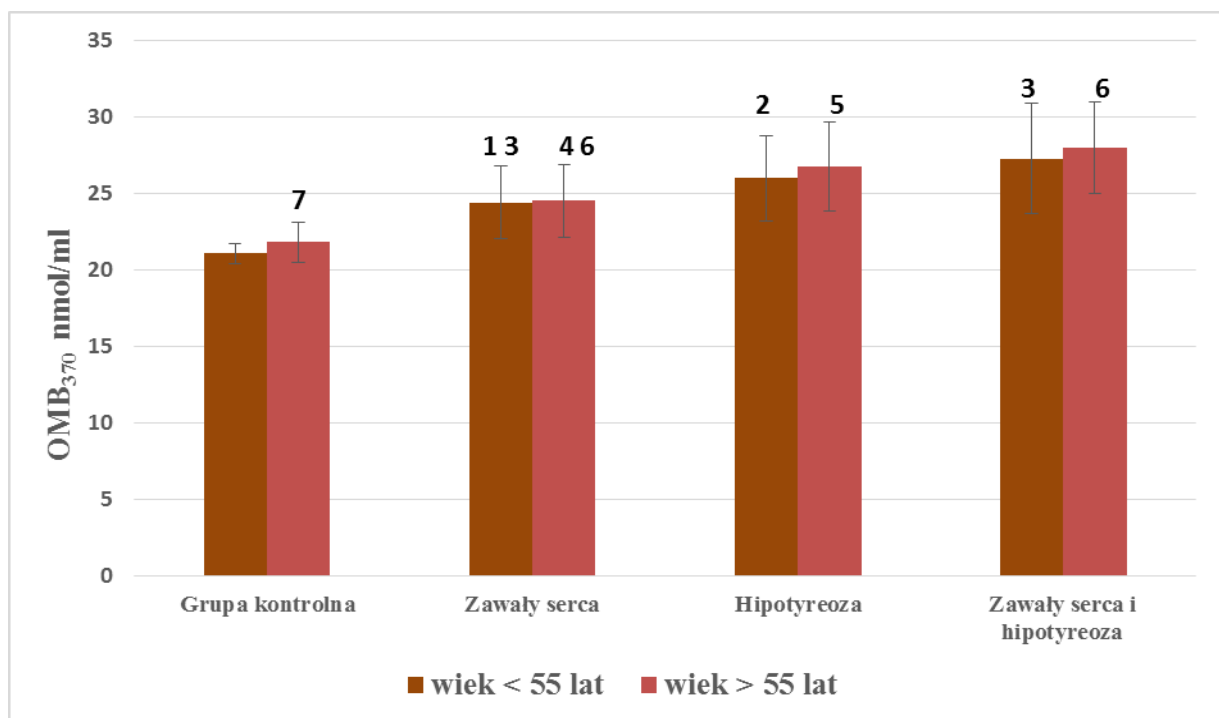
Oznaczanie poziomu aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB). Metoda bazuje się na reakcjach utleniania reszt aminokwasowych z 2,4-dinitrofenylohydrazyną (DNFH) z tworzeniem 2,4 denitrofenilhydrazonów. Poziom OMB oznacza się poprzez tworzenie grup aldehydowych i ketonowych w związkach reszt aminokwasowych białek osocza krwi. Pochodne aldehydowe i ketonowe oznacza się przy

długości fali 370 nm i 430 nm (Levine et al., 1990; Dubinina et al., 1995).

Analiza statystyczna. Przeprowadzono analizy statystyczne przy użyciu pakietu IBM SPSS Statistics 23. Za jego pomocą wykonano analizę podstawowych statystyk opisowych wraz z testami Kołmogorowa-Smirnowa, dwuczynnikowe analizy wariancji w schemacie międzygrupowym. Wyniki wyrażono jako średnią \pm S.E.M. (błąd odchylenia standardowego). Różnice przy $p < 0,05$ uznano za statystycznie istotne. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej wykorzystując analizę wariancji wieloczynnikowej (Zar, 1999).

Wyniki badań oraz ich omówienie

Poziom aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek u osób z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy w porównaniu z grupą kontrolną z podziałem na wiek (< 50 , > 50 lat) został przedstawiony na ryc. 1 i 2.

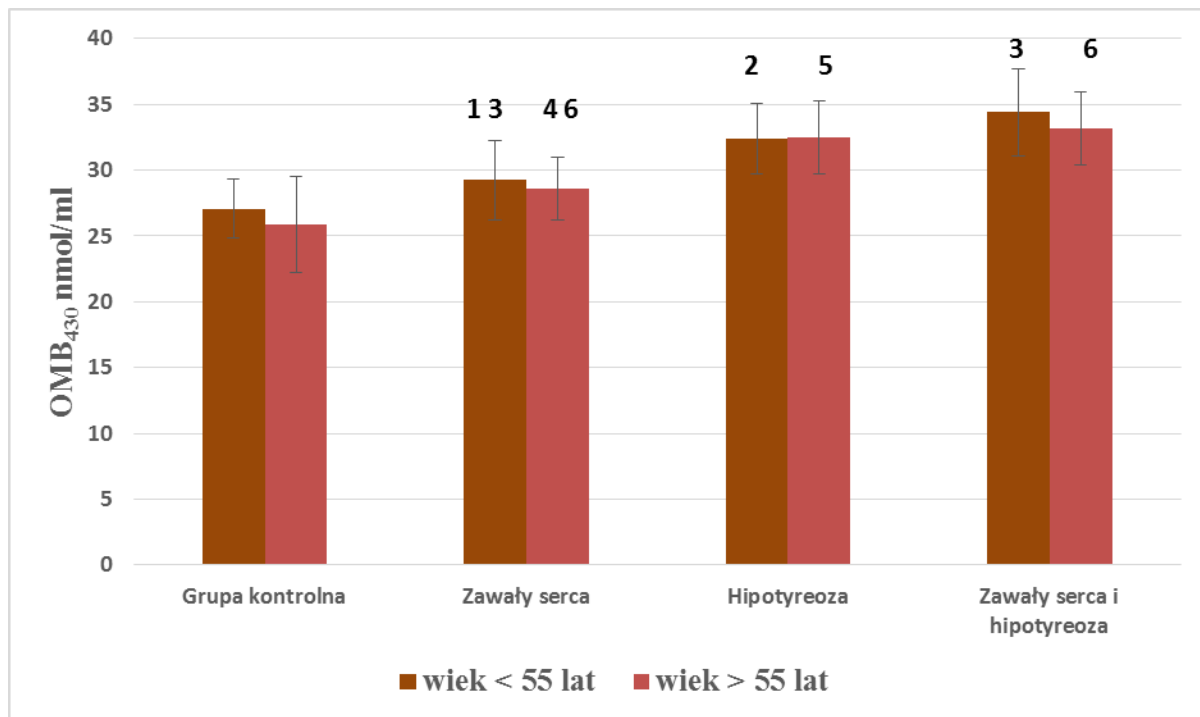


Ryc. 1. Poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB_{370} , nmol/mg białka) u osób w wieku powyżej 55. i poniżej 55. lat z przebytymi zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz osób z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy w porównaniu do grupy kontrolnej.

Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (< 55 . lat) – zawały serca (< 55 . lat) ($p = 0,000$), 2. grupa kontrolna (< 55 . lat) – hipotyreoza (< 55 . lat) ($p = 0,000$), 3. zawały serca i hipotyreoza (< 55 . lat) – zawały serca (< 55 . lat) ($p = 0,000$), 4. grupa kontrolna (> 55 . lat) – zawały serca (> 55 . lat) ($p = 0,000$), 5. grupa kontrolna (> 55 . lat) – hipotyreoza (> 55 . lat) ($p = 0,000$), 6. zawały serca i hipotyreoza (> 55 . lat) – zawały serca (> 55 . lat) ($p = 0,000$), 7. grupa kontrolna (< 55 . lat) – grupa kontrolna (> 55 . lat) ($p = 0,019$)

Najwyższy poziom aldehydowych pochodnych OMB (OMB₃₇₀) otrzymano u osób powyżej 55. lat ($28,00 \pm 3,12$ nmol/ml), a ketonowych pochodnych OMB (OMB₄₃₀) – u osób poniżej 55. lat z zawałami serca i hipotyreozą ($34,39 \pm 3,25$ nmol/ml), w porównaniu do pozostałych grup. U osób do 55. lat zaobserwowano wyższy poziom OMB₃₇₀ o 15,8 % ($p = 0,000$), wzrost OMB₄₃₀ – o 8,1 %

($p = 0,041$) u osób z zawałami serca oraz wzrost OMB₃₇₀ (o 23,3 %, $p = 0,000$) i OMB₄₃₀ (o 19,6 %, $p = 0,000$) u osób z hipotyreozą, w stosunku do grupy kontrolnej. U osób do 55. lat odnotowano niższy poziom OMB₃₇₀ (o 10,5 %, $p = 0,000$) i OMB₄₃₀ (o 15,0 %, $p = 0,000$) u osób z zawałami serca w stosunku do grupy z zawałami serca i hipotyreozą (ryc. 1 i 2).



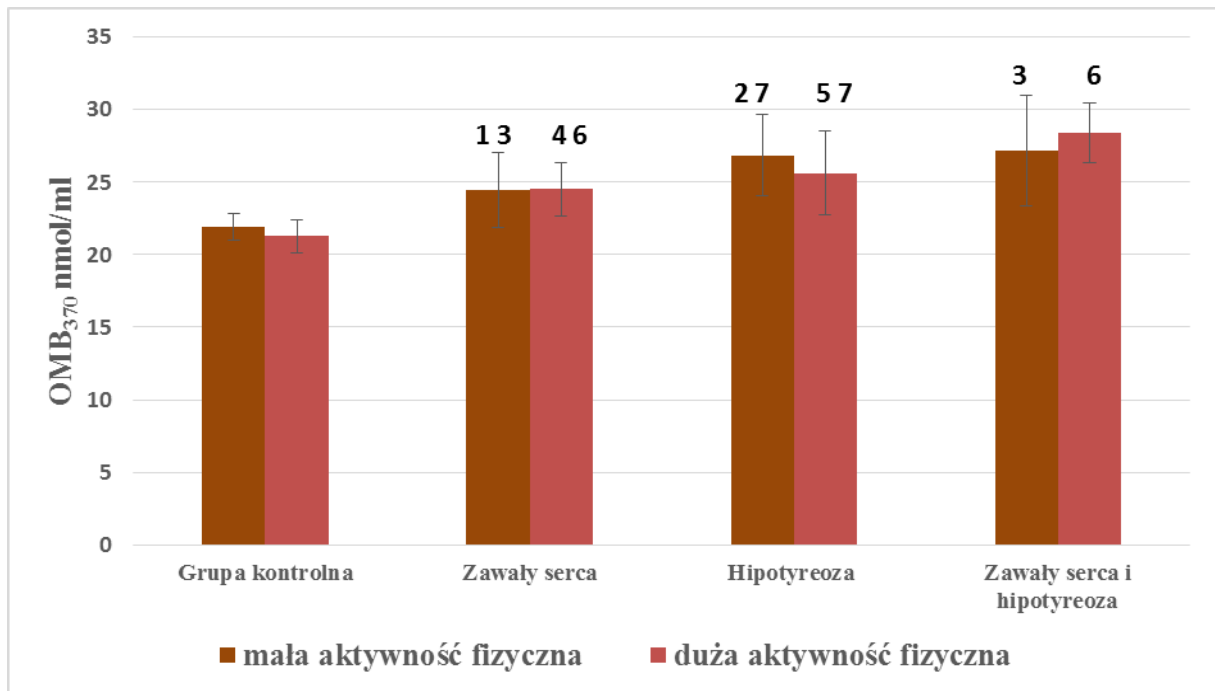
Ryc. 2. Poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₄₃₀, nmol/ml) u osób w wieku powyżej 55. i poniżej 55. lat z przebytymi zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz osób z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy w porównaniu do grupy kontrolnej.

Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (< 55. lat) – zawały serca (< 55. lat) ($p = 0,041$), 2. grupa kontrolna (< 55. lat) – hipotyreozą (< 55. lat) ($p = 0,000$), 3. zawały serca i hipotyreozą (< 55. lat) – zawały serca (< 55. lat) ($p = 0,000$), 4. grupa kontrolna (> 55. lat) – zawały serca (> 55. lat) ($p = 0,002$), 5. grupa kontrolna (> 55. lat) – hipotyreozą (> 55. lat) ($p = 0,000$), 6. zawały serca i hipotyreozą (> 55. lat) – zawały serca (> 55. lat) ($p = 0,000$)

Natomiast w stosunku do grupy kontrolnej u osób powyżej 55. lat zaobserwowano wyższy poziom OMB₃₇₀ (o 12,4 %, $p = 0,000$) i OMB₄₃₀ (o 10,6 %, $p = 0,002$) w grupie z zawałami serca oraz wyższy poziom OMB₃₇₀ (o 22,7 %, $p = 0,000$) i OMB₄₃₀ (o 25,4 %, $p = 0,000$) u osób z hipotyreozą. Niższy poziom OMB₃₇₀ i OMB₄₃₀ u osób starszych odnotowano u osób z zawałami serca (o 3,5 %, $p = 0,019$ i 13,8 %, $p = 0,000$, odpowiednio) w stosunku do grupy z zawałami serca i hipotyreozą. Dodatkowo, w

obrębie osób grupy kontrolnej odnotowano wyższy poziom OMB₃₇₀ (o 3,5 %, $p = 0,019$) u osób powyżej 55. lat w porównaniu do osób młodszych (ryc. 1 i 2).

Poziom aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek u osób z różną aktywnością fizyczną z zawałami serca, hipotyreozą oraz zawałami serca i hipotyreozą w porównaniu z grupą kontrolną został przedstawiony na ryc. 3 i 4.

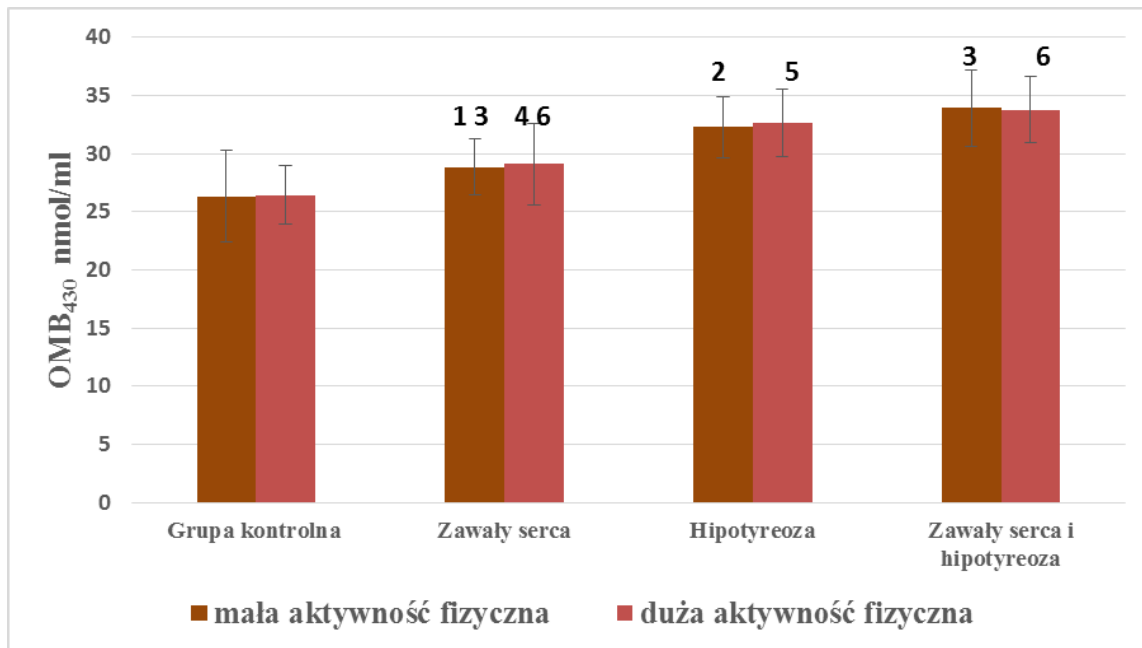


Ryc. 3. Poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB_{370} , nmol/ml) u osób o różnym poziomie aktywności fizycznej wśród osób z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy w porównaniu z grupą kontrolną.

Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (mała akt. fiz.) – zawały serca (mała akt. fiz.) ($p = 0,006$), 2. grupa kontrolna (mała akt. fiz.) – hipotyreoza (mała akt. fiz.) ($p = 0,000$), 3. zawały serca i hipotyreoza (mała akt. fiz.) – zawały serca (mała akt. fiz.) ($p = 0,000$), 4. grupa kontrolna (duża akt. fiz.) – zawały serca (duża akt. fiz.) ($p = 0,000$), 5. grupa kontrolna (duża akt. fiz.) – hipotyreoza (duża akt. fiz.) ($p = 0,000$), 6. zawały serca i hipotyreoza (duża akt. fiz.) – zawały serca (duża akt. fiz.) ($p = 0,000$), 7. zawały serca i hipotyreoza (duża akt. fiz.) – hipotyreoza (duża akt. fiz.) ($p = 0,000$)

Najwyższy poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB_{370}) otrzymano u osób o dużym poziomie aktywności fizycznej z zawałami serca i hipotyreozą ($28,39 \pm 2,87$ nmol/ml), a poziom ketonowych pochodnych (OMB_{430}) – u osób z zawałami serca i hipotyreozą o małej aktywności fizycznej ($34,38 \pm 3,54$ nmol/ml), w porównaniu do pozostałych grup. U osób o małym poziomie aktywności fizycznej zaobserwowano wyższy poziom OMB_{370} (o 11,8 %, $p = 0,006$) i OMB_{430} (o 9,6 %, $p = 0,038$) w grupie osób z zawałami serca oraz wyższy poziom OMB_{370} (o 22,6 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 22,6 %, $p = 0,000$) u osób z hipotyreozą w stosunku do grupy kontrolnej, zaś w stosunku do osób z zawałami serca i

hipotyreozą odnotowano niższy poziom OMB_{370} (o 9,9 %, $p = 0,000$), a OMB_{430} – u osób z zawałami serca (o 14,9 %, $p = 0,000$). U osób o dużej aktywności fizycznej zaobserwowano wyższy poziom OMB_{370} (o 15,4 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 10,0 %, $p = 0,000$) u osób z zawałami serca oraz wyższy poziom OMB_{370} (o 20,5 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 23,6 %, $p = 0,000$) u osób z hipotyreozą w stosunku do osób z grupy kontrolnej, zaś w stosunku do grupy z zawałami serca i hipotyreozą odnotowano niższy poziom OMB_{370} (o 13,6 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 13,9 %, $p = 0,018$) u osób z zawałami serca oraz niższy poziom OMB_{370} (o 9,7 %, $p = 0,000$) u osób z hipotyreozą (ryc. 3 i 4).



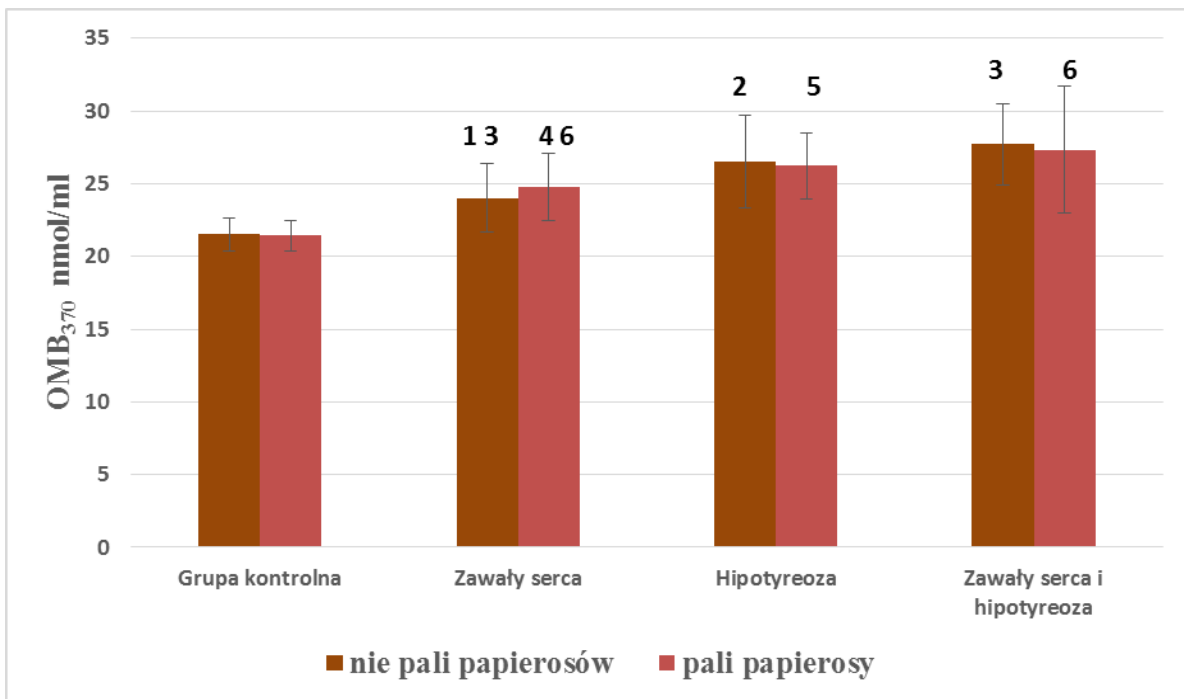
Ryc. 4. Poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB_{430} , nmol/ml) u osób o różnym poziomie aktywności fizycznej wśród osób z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy w porównaniu z grupą kontrolną.

Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (mała akt. fiz.) – zawały serca (mała akt. fiz.) ($p = 0,038$), 2. grupa kontrolna (mała akt. fiz.) – hipotyreoza (mała akt. fiz.) ($p = 0,000$), 3. zawały serca i hipotyreoza (mała akt. fiz.) – zawały serca (mała akt. fiz.) ($p = 0,000$), 4. grupa kontrolna (duża akt. fiz.) – zawały serca (duża akt. fiz.) ($p = 0,014$), 5. grupa kontrolna (duża akt. fiz.) – hipotyreoza (duża akt. fiz.) ($p = 0,000$), 6. zawały serca i hipotyreoza (duża akt. fiz.) – zawały serca (duża akt. fiz.) ($p = 0,018$)

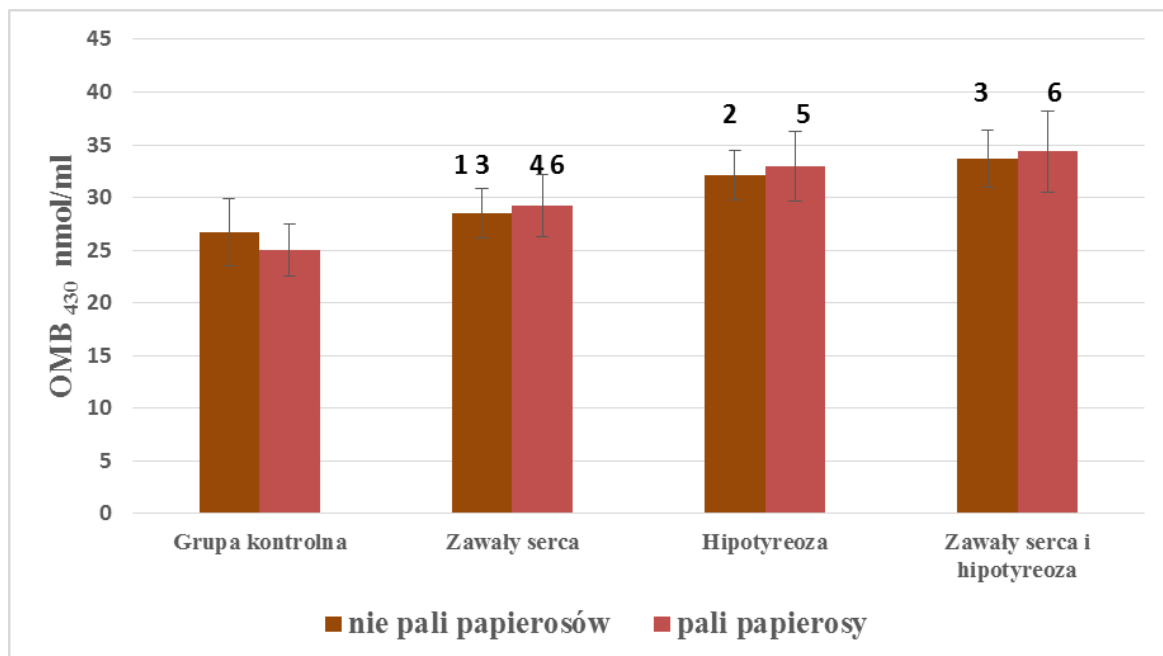
Poziom aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek u osób z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy, którzy palą papierosy, bądź nie palą papierosów w porównaniu do grupy kontrolnej został przedstawiony na ryc. 5 i 6.

Najwyższy poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB_{370}) odnotowano u osób niepalących ($27,74 \pm 3,08$ nmol/ml), a ketonowych pochodnych OMB_{430} – u osób palących ($34,38 \pm 3,89$ nmol/ml) z zawałami serca i hipotyreozą, w porównaniu do pozostałych grup. W grupie osób niepalących zaobserwowano wyższy poziom OMB_{370} (o 11,7 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 6,9 %, $p = 0,038$) w grupie z zawałami serca oraz wyższy poziom OMB_{370}

(o 23,3 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 20,6 %, $p = 0,000$) w grupie z hipotyreozą w stosunku do grupy kontrolnej, zaś w stosunku do grupy osób z zawałami serca i hipotyreozą odnotowano niższy poziom OMB_{370} (o 13,4 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 15,2 %, $p = 0,006$) u osób z zawałami serca. U osób palących papierosy zaobserwowano wyższy poziom OMB_{370} (o 15,7 %, $p = 0,014$) i OMB_{430} (o 16,8 %, $p = 0,000$) u osób z zawałami serca oraz wyższy poziom OMB_{370} (o 22,2 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 31,7 %, $p = 0,000$) u osób z hipotyreozą, w stosunku do grupy kontrolnej, zaś w stosunku do osób z zawałami serca i hipotyreozą odnotowano niższy poziom OMB_{370} (o 9,2 %, $p = 0,018$) i OMB_{430} (o 15 %, $p = 0,018$) u osób z zawałami serca (ryc. 5 i 6).



Ryc. 5. Poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₃₇₀, nmol/ml) u osób z zawałami serca, hipotyreozą oraz zawałami serca i hipotyreozą, które palą, bądź nie palą papierosów w porównaniu z grupą kontrolną. Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (nie pali) – zawały serca (nie pali) ($p = 0,000$), 2. grupa kontrolna (nie pali) – hipotyreoza (nie pali) ($p = 0,000$), 3. zawały serca i hipotyreoza (nie pali) – zawały serca (nie pali) ($p = 0,000$), 4. grupa kontrolna (pali) – zawały serca (pali) ($p = 0,014$), 5. grupa kontrolna (pali) – hipotyreoza (pali) ($p = 0,000$), 6. zawały serca i hipotyreoza (pali) – zawały serca (pali) ($p = 0,018$)

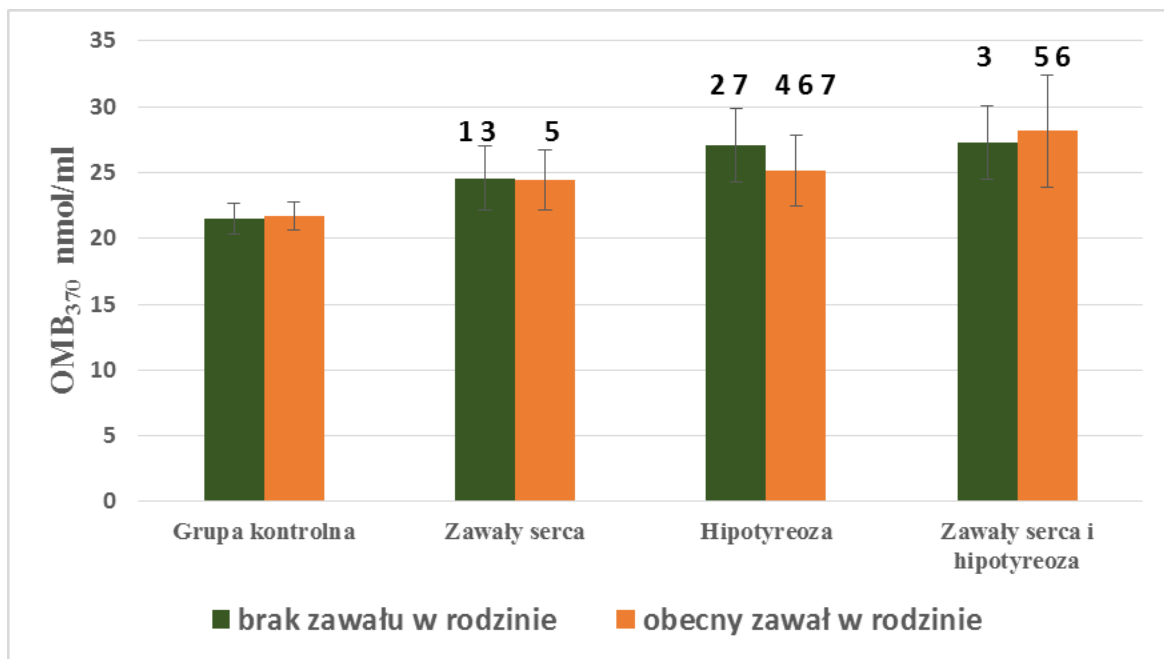


Ryc. 6. Poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₄₃₀), u osób z zawałami serca, hipotyreozą oraz zawałami serca i hipotyreozą, które palą, bądź nie palą papierosów w porównaniu z grupą kontrolną. Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (niepaląca) – zawały serca (niepaląca) ($p = 0,038$), 2. grupa kontrolna (niepaląca) – hipotyreoza (niepaląca) ($p = 0,000$), 3. zawały serca i hipotyreoza (niepaląca) – zawały serca (niepaląca) ($p = 0,000$), 4. grupa kontrolna (paląca) – zawały serca i hipotyreoza (paląca) ($p = 0,006$), 5. grupa kontrolna (paląca) – hipotyreoza (paląca) ($p = 0,000$), 6. zawały serca i hipotyreoza (paląca) – zawały serca (paląca) ($p = 0,018$)

Poziom aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek u osób z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy w porównaniu do grupy kontrolnej z podziałem na obecność zawału serca w rodzinie przedstawiono na ryc. 7 i 8.

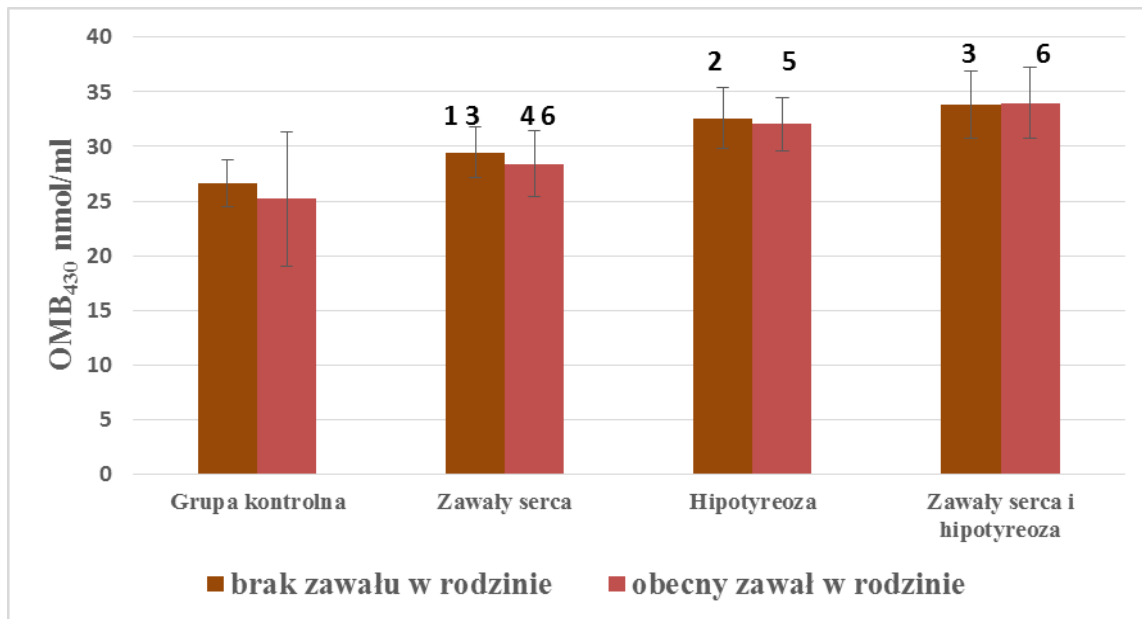
Najwyższy poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek OMB₃₇₀ (28,16 ± 4,73 nmol/ml) i OMB₄₃₀ (33,99 ± 3,49 nmol/ml) otrzymano u osób z zawałami serca i hipotyreozą i z zawałem serca w rodzinie. U osób bez zawału serca w rodzinie zaobserwowano wyższy poziom OMB₃₇₀ (o 14,4 %, p = 0,000) i OMB₄₃₀ (o 10,6 %, p = 0,000) u osób z zawałami serca oraz wyższy poziom OMB₃₇₀ (o 26 %, p = 0,000) i OMB₄₃₀ (o 22,4 %, p = 0,000) u osób z hipotyreozą w stosunku do grupy kontrolnej, zaś w stosunku do osób z

zawałami serca i hipotyreozą odnotowano niższy poziom OMB₃₇₀ (o 10,1 %, p = 0,000) i OMB₄₃₀ (o 12,9 %, p = 0,000) u osób z zawałami serca. U osób z zawałem serca w rodzinie odnotowano wyższy poziom OMB₃₇₀ (o 12,6 %, p = 0,033) i OMB₄₃₀ (o 12,8 %, p = 0,014) u osób z zawałami serca oraz wyższy poziom OMB₃₇₀ (o 15,8 %, p = 0,000) i OMB₄₃₀ (o 27,1 %, p = 0,000) u osób z hipotyreożą w stosunku do grupy kontrolnej, zaś w stosunku do osób z grupy z zawałami serca i hipotyreozą odnotowano niższy poziom OMB₃₇₀ (o 13,3 %, p = 0,012) i OMB₄₃₀ (o 16,4 %, p = 0,000) u badanych z zawałami serca. Dodatkowo w grupie osób z hipotyreożą odnotowano niższy poziom OMB₃₇₀ (o 7,2 %, p = 0,013) u osób z zawałem serca w rodzinie w porównaniu do osób bez zawału serca w rodzinie (ryc. 7 i 8).



Ryc. 7. Poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₃₇₀, nmol/ml) u osób z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy z podziałem na obecność zawału serca w rodzinie.

Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (brak zawału w rodzinie) – zawały serca (brak zawału w rodzinie) (p = 0,000), 2. grupa kontrolna (brak zawału w rodzinie) – hipotyreoza (brak zawału w rodzinie) (p = 0,000), 3. zawały serca i hipotyreoza (brak zawału w rodzinie) – zawały serca (brak zawału w rodzinie) (p = 0,000), 4. grupa kontrolna (obecny zawał w rodzinie) – hipotyreoza (obecny zawał w rodzinie) (p = 0,033), 5. zawały serca i hipotyreoza (obecny zawał w rodzinie) – zawały serca (obecny zawał w rodzinie) (p = 0,000), 6. zawały serca i hipotyreoza (obecny zawał w rodzinie) – hipotyreoza (obecny zawał w rodzinie) (p = 0,012), 7. hipotyreoza (brak zawału w rodzinie) – hipotyreoza (obecny zawał w rodzinie) (p = 0,013)

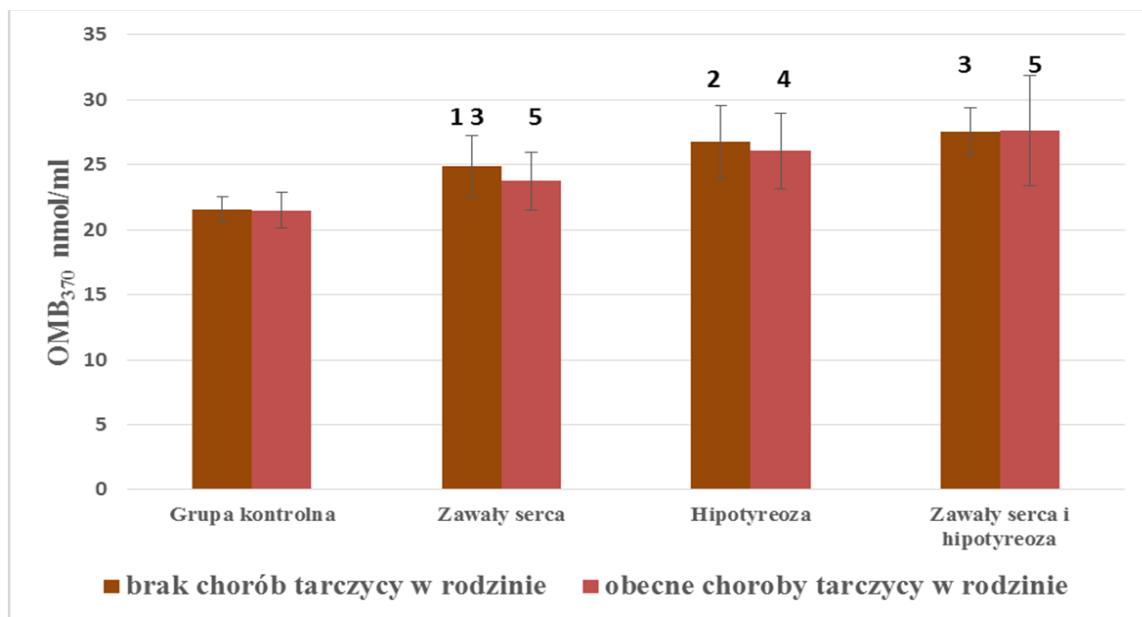


Ryc. 8. Poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB_{430} , nmol/ml) u osób z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy z podziałem na obecność zawału serca w rodzinie. Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (brak zawału w rodzinie) – zawały serca (brak zawału w rodzinie) ($p = 0,000$), 2. grupa kontrolna (brak zawału w rodzinie) – hipotyreoza (brak zawału w rodzinie) ($p = 0,000$), 3. zawały serca i hipotyreoza (brak zawału w rodzinie) – zawały serca (brak zawału w rodzinie) ($p = 0,000$), 4. grupa kontrolna (obecny zawał w rodzinie) – zawały serca (obecny zawał w rodzinie) ($p = 0,014$), 5. grupa kontrolna (obecny zawał w rodzinie) – hipotyreoza (obecny zawał w rodzinie) ($p = 0,000$), 6. zawały serca i hipotyreoza (obecny zawał w rodzinie) – zawały serca (obecny zawał w rodzinie) ($p = 0,000$)

Poziom aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek u osób z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy w porównaniu do grupy kontrolnej z podziałem na obecność chorób tarczycy w rodzinie przedstawiono na ryc. 9 i 10.

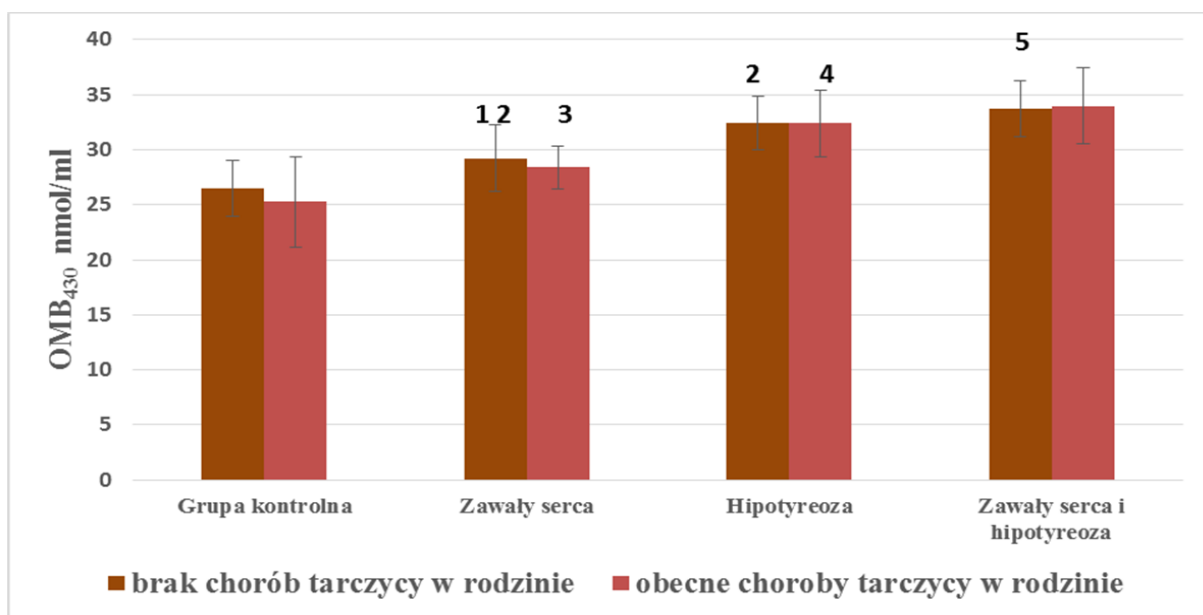
Najwyższy poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB_{370}) otrzymano u osób z zawałami serca i hipotyreozą oraz z obecnością chorób tarczycy w rodzinie ($26,74 \pm 4,91$ nmol/ml), a OMB_{430} – w grupie osób z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy oraz z obecnością chorób tarczycy w rodzinie ($33,99 \pm 3,81$ nmol/ml), w porównaniu do pozostałych grup. W grupie osób bez obecności chorób tarczycy w rodzinie zaobserwowano

wyższy poziom OMB_{370} (o 15,6 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 10,3 %, $p = 0,000$) w grupie z zawałami serca oraz wyższy poziom OMB_{370} (o 24,3 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 22,5 %, $p = 0,000$) w grupie osób z niedoczynnością tarczycy w stosunku do grupy kontrolnej, zaś w stosunku do osób z zawałami serca i chorobami tarczycy odnotowano niższy poziom OMB_{370} (o 9,8 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 13,4 %, $p = 0,000$) u osób z zawałami serca. W grupie osób z chorobami tarczycy w rodzinie zaobserwowano wyższy poziom OMB_{370} (o 10,6 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 8,1 %, $p = 0,000$) u osób z zawałami serca oraz wyższy poziom OMB_{370} (o 21,4 %, $p = 0,000$) i OMB_{430} (o 23,3 %, $p = 0,000$) u osób z niedoczynnością tarczycy w stosunku do grupy kontrolnej (ryc. 9 i 10).



Ryc. 9. Poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₃₇₀, nmol/ml) u osób z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy z podziałem na obecność chorób tarczycy w rodzinie.

Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (brak chorób tarczycy w rodzinie) – zawały serca (brak chorób tarczycy w rodzinie) ($p=0,000$), 2. grupa kontrolna (brak chorób tarczycy w rodzinie) – hipotyreoza (brak chorób tarczycy w rodzinie) ($p = 0,000$), 3. zawały serca i hipotyreoza (brak chorób tarczycy w rodzinie) – zawały serca (brak chorób tarczycy w rodzinie) ($p = 0,000$), 4. grupa kontrolna (obecne choroby tarczycy w rodzinie) – hipotyreoza (obecne choroby tarczycy w rodzinie) ($p = 0,000$), 5. zawały serca i hipotyreoza (obecne choroby tarczycy w rodzinie) – zawały serca (obecne choroby tarczycy w rodzinie) ($p = 0,000$)



Ryc. 10. Poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₄₃₀, nmol/ml) u osób z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy z podziałem na obecność chorób tarczycy w rodzinie.

Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (brak chorób tarczycy w rodzinie) – zawały serca (brak chorób tarczycy w rodzinie) ($p = 0,000$), 2. grupa kontrolna (brak chorób tarczycy w rodzinie) – hipotyreoza (brak chorób tarczycy w rodzinie) ($p = 0,000$), 3. zawały serca i hipotyreoza (brak chorób tarczycy w rodzinie) – zawały serca (brak chorób tarczycy w rodzinie) ($p = 0,000$), 4. grupa kontrolna (obecne choroby tarczycy w rodzinie) – hipotyreoza (obecne choroby tarczycy w rodzinie) ($p = 0,000$), 5. zawały serca i hipotyreoza (obecne choroby tarczycy w rodzinie) – zawały serca (obecne choroby tarczycy w rodzinie) ($p = 0,000$).

Wieloczynnikową analizę związków między poziomem aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnie zmodyfikowanych białek a stylem życia kobiet i mężczyzn różnego wieku z zawałami serca przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Analiza wariancji wieloczynnikowej dla aldehydowych pochodnych oksydacyjnie zmodyfikowanych białek (OMB₃₇₀) u kobiet i mężczyzn z zawałami serca

Czynniki	DF	suma kwadratów	średni kwadrat	F	R ²
Grupa	2	10254,21	412,32	54,15***	0,351
Płeć	1	212,32	212,32	5,34**	0,024
Wiek	1	1,76	1,76	0,16	0,001
Aktywność fizyczna	1	28,16	28,16	0,29	0,002
Palenie tytoniu	1	64,14	64,14	3,62	0,017
Zawał serca w rodzinie	1	4,62	4,62	0,93	0,003
Choroby tarczycy w rodzinie	1	297,36	297,36	6,14**	0,024

Notatka: ** – różnice statystycznie istotne przy $p < 0,01$;
*** – różnice statystycznie istotne przy $p < 0,001$

W przeprowadzonej analizie wariancji wieloczynnikowej stwierdziliśmy, że w przebiegu zawałów serca na poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnie zmodyfikowanych białek (OMB₃₇₀) wpływa płeć; u mężczyzn odnotowano wartość 2,4 % ($p < 0,01$).

Tabela 2

Analiza wariancji wieloczynnikowej dla ketonowych pochodnych enzymatycznej modyfikacji białek (OMB₄₃₀) u kobiet i mężczyzn z zawałami serca

Czynniki	DF	suma kwadratów	średni kwadrat	F	R ²
Grupa	2	1654,35	524,69	52,14***	0,354
Płeć	1	4,65	4,65	0,51	0,004
Wiek	1	28,22	28,22	2,17	0,011
Aktywność fizyczna	1	19,37	19,37	0,34	0,002
Palenie tytoniu	1	36,54	36,54	2,89	0,012
Zawał serca w rodzinie	1	132,18	132,18	5,21*	0,019
Choroby tarczycy w rodzinie	1	37,52	37,52	2,10	0,011

Notatka: * – różnice statystycznie istotne przy $p < 0,05$;
*** – różnice statystycznie istotne przy $p < 0,001$

W przeprowadzonej analizie wariancji wieloczynnikowej stwierdziliśmy, że w przebiegu zawałów serca obecność zawału serca w rodzinie wpływa na poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₄₃₀) ($p < 0,05$).

Tabela 3

Analiza wariancji wieloczynnikowej dla aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₃₇₀) u kobiet i mężczyzn z niedoczynnością tarczycy

Czynniki	DF	suma kwadratów	średni kwadrat	F	R ²
Grupa	3	867,25	275,19	46,94***	0,403
Płeć	1	6,84	6,84	0,89	0,001
Wiek	1	154,87	154,87	5,78*	0,025
Aktywność fizyczna	1	186,87	186,87	6,58**	0,027
Palenie tytoniu	1	55,32	55,32	1,52	0,015
Zawał serca w rodzinie	1	249,97	248,97	9,84***	0,033
Choroby tarczycy w rodzinie	1	84,66	84,66	4,22	0,019

Notatka: * – różnice statystycznie istotne przy $p < 0,05$;
 ** – różnice statystycznie istotne przy $p < 0,01$;
 *** – różnice statystycznie istotne przy $p < 0,001$

Jak wynika z przeprowadzonej wariancji wieloczynnikowej u osób z niedoczynnością tarczycy, w przebiegu tej choroby na poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek w 2,7 % wpływa mała aktywność fizyczna ($p < 0,01$) i w 2,5 % – wiek powyżej 55. lat ($p < 0,01$).

Tabela 4

Analiza wariancji wieloczynnikowej dla ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₄₃₀) u kobiet i mężczyzn z niedoczynnością tarczycy

Czynniki	DF	suma kwadratów	średni kwadrat	F	R ²
Grupa	3	1543,65	521,13	54,17***	0,312
Płeć	1	148,63	148,63	5,21*	0,024
Wiek	1	12,54	12,54	1,24	0,005
Aktywność fizyczna	1	9,16	9,16	0,98	0,004
Palenie tytoniu	1	54,32	54,32	3,21	0,014
Zawał serca w rodzinie	1	44,15	44,15	2,69	0,009
Choroby tarczycy w rodzinie	1	4,13	4,13	0,26	0,001

Notatka: * – różnice statystycznie istotne przy $p < 0,05$;
 *** – różnice statystycznie istotne przy $p < 0,001$

Jak wynika z przeprowadzonej wariancji wieloczynnikowej u osób z niedoczynnością tarczycy, w przebiegu tej choroby na poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek w 2,4 % ($p < 0,05$) wpływa płeć.

Tabela 5

Analiza wariancji wieloczynnikowej dla aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₃₇₀) u kobiet i mężczyzn z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy

Czynniki	DF	suma kwadratów	średni kwadrat	F	R ²
Grupa	4	923,88	307,96	46,94***	0,403
Płeć	1	2,34	2,34	1,42	0,001
Wiek	1	158,95	158,95	5,16*	0,025
Aktywność fizyczna	1	141,63	141,63	4,87*	0,024
Palenie tytoniu	1	0,53	0,53	1,29	0,014
Zawał serca w rodzinie	1	0,23	0,23	1,33	0,015
Choroby tarczycy w rodzinie	1	3,22	3,22	0,28	0,001

Notatka: * - różnice statystycznie istotne przy $p < 0,05$;
 *** - różnice statystycznie istotne przy $p < 0,001$.

Z przedstawionej analizy wariancji wieloczynnikowej wynika, że w przebiegu zawałów serca i hipotyreozy na poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek wpływa w 2,5 % wiek ($p < 0,05$) i w 2,4 % - aktywność fizyczna ($p < 0,05$).

Tabela 6

Analiza wariancji wieloczynnikowej dla ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₄₃₀) u kobiet i mężczyzn z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy

Czynniki	DF	suma kwadratów	średni kwadrat	F	R ²
Grupa	4	1492,20	497,40	60,35**	0,464
Płeć	1	0,01	0,01	0,01	0,000
Wiek	1	141,25	141,25	4,16*	0,021
Aktywność fizyczna	1	9,62	9,62	1,10	0,002
Palenie tytoniu	1	20,74	20,74	0,69	0,009
Zawał serca w rodzinie	1	28,55	28,55	1,83	0,002
Choroby tarczycy w rodzinie	1	2,24	2,24	0,39	0,001

Notatka: * - różnice statystycznie istotne przy $p < 0,05$;
 ** - różnice statystycznie istotne przy $p < 0,01$

Z przedstawionej analizy wariancji wieloczynnikowej wynika, że w przebiegu zawałów serca i hipotyreozy na poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek wpływa w 2,1 % wiek ($p < 0,05$).

Analizując markery stresu oksydacyjnego we krwi kobiet i mężczyzn zdrowych, z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy w

zależności od wieku i stylu życia zaobserwowaliśmy wyraźne zaburzenie równowagi oksydacyjno-redukcyjnej w porównaniu z osobami zdrowymi (ryc. 1-10). Osoby z niedoczynnością tarczycy i zawałami serca charakteryzował znaczny wzrost aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnie zmodyfikowanych białek (ryc. 1-10). Wskazuje to na ważną rolę stresu oksydacyjnego w

rozwoju tych chorób. Nasze wyniki są zgodne z wynikami innych badaczy, którzy wykazali znaczący wzrost markerów stresu oksydacyjnego we krwi pacjentów z zawałem serca i niedoczynnością tarczycy (Elnakish et al., 2015; Münzel et al., 2017).

Istnieje wiele dowodów na to, że zarówno w niedoczynności, jak i w nadczynności tarczycy obserwuje się wzrost poziomu RFT i znacząca aktywacja stresu oksydacyjnego, który może być odpowiedzialny za większość objawów i powikłań tych schorzeń (Valko et al., 2007; Marcocci et al., 2012). Związane jest to z tym, że hormony tarczycy wpływają na mitochondria, na produkcję i zużycie energii w komórkach oraz zwiększoną produkcję RFT (Venditti et al., 2010; Źarković, 2012). Co więcej, istnieją dowody potwierdzające rolę procesów oksydacyjnych w patogenezie choroby Gravesa-Basedowa (Źarković, 2012). Ponieważ choroba Gravesa-Basedowa jest chorobą autoimmunologiczną charakteryzującą się obecnością autoprzeciwciał w surowicy (Smith, 2010), które indukują reakcję zapalną, zwiększa się ilość wolnych rodników, które należą do jej produktów (Valko et al., 2007).

Biorąc pod uwagę dostępne dane badające różnice płci w stresie oksydacyjnym w populacji ogólnej lub u zdrowych osób, w kilku badaniach wykazano wyższy poziom różnych biomarkerów stresu oksydacyjnego u kobiet niż u mężczyzn, inni autorzy zgłaszali przeciwny trend, a jeszcze inni – nie wykazali żadnej różnicy (Vassalle et al., 2011).

Dowiedziano, że długość życia i symptomy chorób związanych z wiekiem wykazują wielkie i niezwykle spójne różnice między kobietami i mężczyznami i że wszelkie działania zapobiegające procesowi starzenia mogą być bardzo różne u kobiet i mężczyzn. Może to wynikać z interakcji tych działań ze steroidami płciowymi, poziomami adiponektyny lub leptyny oraz rozkładem tkanki tłuszczowej lub też wynikać z różnic w funkcjonowaniu układu odpornościowego (Austad and Bartke, 2015). Starzenie się, a także predyspozycje genetyczne i inne, konwencjonalne czynniki ryzyka, jak i czynniki środowiskowe mogą indukować stres oksydacyjny, szczególnie w naczyniach krwionośnych i powodować ich uszkodzenie (Münzel et al., 2017).

Rosnąca długowieczność przeciętnego człowieka wpłynęła na rosnącą wciąż liczbę

osób starszych w populacji ogólnej (Merz and Cheng, 2016). Pomimo tego, że ludzie starsi doświadczają większej chorobowości, to jednak wielu z nich jest w stanie osiągnąć wiek nawet 90 lat ciesząc się doskonałym zdrowiem (Lowsky et al., 2014). Epidemiologia chorób związanych z wiekiem różni się zasadniczo pomiędzy płciami i dramatycznie zmienia się u kobiet po menopauzie, choć choroba sercowo-naczyniowa pozostaje zasadniczo związana z wiekiem zarówno u mężczyzn, jak i u kobiet (Ostan et al., 2016). Także funkcja hormonalna ulega poważnym zmianom podczas starzenia (Diamanti-Kandarakis et al., 2017).

W niniejszym badaniu wykazaliśmy większy poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek u osób powyżej 55. lat z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy (ryc. 1) oraz pochodnych ketonowych u osób powyżej 55. lat z niedoczynnością tarczycy (ryc. 2) w porównaniu z osobami młodszymi. Ponadto analiza wariancji wieloczynnikowej wykazała, że na wyższy poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek wpływa wiek powyżej 55. lat u osób z występowaniem niedoczynności tarczycy (Tabela 1).

Analiza wariancji wieloczynnikowej wykazała, że poziom markerów stresu oksydacyjnego – OMB₃₇₀ (Tabela 1) i OMB₄₃₀ (Tabela 2) – zależy od wieku u osób z występowaniem zawału serca, hipotyreozy oraz zawału serca i hipotyreozy. Jest to zgodne z wolnorodnikową teorią starzenia, która opiera się na hipotezie, że wszelkie zmiany funkcjonalne związane z wiekiem spowodowane są akumulacją oksydacyjnego uszkodzenia lipidów, białek i kwasów nukleinowych (Liguori et al., 2018). W ciągu ostatnich dekad wielokrotnie potwierdzano wolnorodnikową teorię starzenia (Ďuračková, 2010; Carracedo et al., 2018; Elfawy and Das, 2018). Udowodniono, że stres oksydacyjny bierze udział w patofizjologii chorób autoimmunologicznych tarczycy, które nasilają się z wiekiem poprzez bezpośredni wpływ na układ odpornościowy (Burek and Rose, 2008), a niedobór selenu w populacji osób starszych sprawia, że tarczyca jest bardziej podatna na działanie wolnych rodników tlenowych (Diamanti-Kandarakis et al., 2017). W wielu badaniach wykazano, że główną przyczyną zachorowalności i śmiertelności osób starszych są choroby układu

sercowo-naczyniowego, a miażdżyca odgrywa kluczową rolę jako główne zdarzenie przyczynowe (Testa et al., 2010; Liguori et al., 2018). W innych badaniach stwierdzono, że tolerancja mięśnia sercowego na stres oksydacyjny zmniejsza się z wiekiem z powodu zmniejszenia aktywności enzymów antyoksydacyjnych (Lam, 2015; Liguori et al., 2018). Ponadto zwiększanie się stresu oksydacyjnego wraz z wiekiem powoduje dysfunkcję śródbłonna naczyniowego i przebudowę naczyń, uznawane za wczesne determinanty rozwoju nadciśnienia i miażdżycy (Siti et al., 2015).

Według wielu autorów nie ma wątpliwości, że ćwiczenia fizyczne poprawiają jakość życia, zmniejszają uszkodzenia oksydacyjne i zapobiegają występowaniu szeregu zaburzeń, w tym cukrzycy i chorób sercowo-naczyniowych (Kushi et al., 2012; Vina et al., 2012). Regularna aktywność fizyczna jest ważnym czynnikiem warunkującym utrzymanie optymalnego stanu zdrowia, zmniejszenie stresu oksydacyjnego, zapobieganie otyłości, miażdżycy, chorobom przewlekłym i chorobom serca, ale te korzystne efekty są związane z cechami ćwiczeń fizycznych oraz ich intensywnością (Radak et al., 2013).

Obecnie dąży się do promowania zdrowia poprzez zmiany stylu życia, m.in. poprzez ćwiczenia fizyczne, niestety nadal jest sprawą dyskusyjną, jaka częstotliwość i zakres ćwiczeń niezbędnych do osiągnięcia korzystnego efektu będzie prawidłowo oddziaływać na nasze zdrowie (Guthold et al., 2008). W niniejszym badaniu zaobserwowaliśmy u osób o małej aktywności fizycznej większy poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek u osób z hipotyreozą w porównaniu z osobami o dużej aktywności fizycznej (ryc. 3). Natomiast u osób z zawałami serca i hipotyreozą większy poziom aldehydowych pochodnych (OMB₃₇₀) zaobserwowano u osób o dużej aktywności fizycznej (ryc. 3). Według Radak i wsp. (2013), wzrost produkcji wolnych rodników spowodowane intensywnym wysiłkiem fizycznym może przekraczać zdolność systemów obrony antyoksydacyjnej organizmu i indukować ich utlenianie. Obecnie rozważa się zarówno pozytywne, jak i negatywne aspekty generacji RFT w sporcie (Radak et al., 2013). Nasza analiza wariancji wieloczynnikowej wykazała, że duża aktywność fizyczna wpływa na wyższy poziom OMB₃₇₀ w zawale serca i niedoczynności tarczycy (Tabela

5), a mała aktywność fizyczna – na wyższy poziom OMB₃₇₀ w hipotyreozie (Tabela 1).

Zwiększone podczas wysiłku fizycznego zużycie tlenu pociąga za sobą wzrost produkcji anionorodnika ponadtlenkowego i innych RFT (Tauler et al., 2008; Radak et al., 2013). W warunkach fizjologicznych, zawarte we włóknach mięśniowych antyoksydanty neutralizują powstające podczas wykonywanej aktywności fizycznej reaktywne formy tlenu, zapobiegając peroksydacji lipidów i uszkodzeniu tkanek (Min et al., 2011).

Palenie tytoniu i dym papierosowy należą do najbardziej modyfikowalnych i dominujących czynników ryzyka przedwczesnego lub przyspieszonego rozwoju miażdżycy, co wiąże się z powikłaniem w postaci choroby wieńcowej i zawału mięśnia sercowego (Kamceva et al., 2016). W niniejszym badaniu zaobserwowaliśmy, że osoby, które palą papierosy, mają większe uszkodzenia oksydacyjne niż ci, którzy nigdy nie palili. Na wyniki naszych badań mogła wpłynąć ilość wypalanych papierosów dziennie lub palenie tytoniu w przeszłości przez badane osoby. Vassalle i wsp. (2011) podkreślają bezpośrednią korelację między stresem oksydacyjnym, a liczbą wypalanych papierosów (Vassalle et al., 2011). Nie wiadomo, jak wielu uczestników naszego badania była biernymi palaczami, a wielokrotnie udowodniono, że dym papierosowy wpływa negatywnie na układ sercowo-naczyniowy w ten sam sposób jak na palaczy (Metsios et al., 2011). Utleniacze i wolne rodniki w dymie papierosowym są uważane za potencjalny mechanizm, za pomocą którego palenie może promować peroksydację lipidów błon komórkowych (Vassalle et al., 2011), przyczyniając się do rozwoju miażdżycy tętnic, dysfunkcji śródbłonna i ostrych zdarzeń sercowych (Valavanidis et al., 2009; Miri et al., 2012). Bloomer i Fisher-Wellman (2009) w swoim badaniu udowodnili, że palacze mają podwyższony poziom biomarkerów stresu oksydacyjnego, doświadczają upośledzonego metabolizmu lipidów i glukozy po posiłku (Bloomer and Fisher-Wellman, 2009).

Istnieją doniesienia, że palenie papierosów wywiera również istotny wpływ na gruczoł tarczowy (Sawicka-Gutaj et al., 2014). Paradoksem jest to, jak wskazują najnowsze dane, że zaprzestanie palenia powoduje dramatyczny wzrost ryzyka rozwoju autoimmunologicznej niedoczynności tarczycy (Carlé et al., 2012). W związku z tym, że niedoczynność

tarczycy jest najczęstszym zaburzeniem jej funkcji i na ogół wiąże z hiperlipidemią i miażdżycą (Mancini et al., 2016), ważnym, wtórnym powikłaniem niedoczynności tarczycy jest miażdżycza, co za tym idzie choroba wieńcowa, która stanowi ryzyko zawału serca (Manolis et al., 2019).

Choć w kilku badaniach potwierdzono związek palenia z zaburzeniami funkcji tarczycy, takimi jak choroba Gravesa-Basedowa czy wole wieloguzkowe (Sawicka-Gutaj et al., 2014), to jednak jest to temat nadal kontrowersyjny i powinien być przedmiotem dalszych badań (Meinhold et al., 2010; Mehran et al., 2012). Przykładowo badania Mehran i wsp. (2012) sugerują, że palenie jest związane ze zmniejszeniem stężenia TSH w surowicy, mniejszym ryzykiem niedoczynności tarczycy i prawdopodobnie z mniejszą częstością autoimmunologicznych chorób tarczycy (Mehran et al., 2012).

Asvold i wsp. (2007) doszli do wniosku, że palenie jest negatywnie związane z niedoczynnością tarczycy, ale dodatnio wiąże się z nadczynnością tarczycy. Innymi słowy, kiedy ludzie palą, powoduje to nadczynność. Uznali również, że palenie może mieć odwracalny wpływ na czynność tarczycy. Kiedy osoba przestanie palić, poziom hormonów tarczycy powróci do normy. Dodatkowo po raz pierwszy donieśli, że wśród obecnych palaczy występuje niższa częstotliwość jawnej niedoczynności tarczycy (Asvold et al., 2007). Jansen i Ruskovska (2015) badali wpływ palenia na poziom biomarkerów stresu oksydacyjnego oraz aktywności bariery antyoksydacyjnej i, stosując różne testy, potwierdzili, że palacze mają podwyższony poziom stresu oksydacyjnego i upośledzony status antyoksydacyjny (Jansen and Ruskovska, 2015), a Buico i wsp. (2009) wykazali, że całkowita zdolność antyoksydacyjna była istotnie niższa u aktywnych palaczy (Buico et al., 2009).

Stres oksydacyjny jest odpowiedzialny za zmiany epigenetyczne, takie jak hypometylacja DNA, która sprzyja niestabilności genomowej, mutacji, aktywacji protoonkogenów, a także wyciszaniu genów (Adraskela et al., 2017). Rozwój metod biologii molekularnej pozwala obecnie na ocenę udziału czynników genetycznych w patogenezie chorób, m.in. układu sercowo-naczyniowego i chorób tarczycy (Panicker, 2011). W niniejszym badaniu stwierdziliśmy większy poziom OMB₃₇₀ (ryc. 7)

u osób z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy oraz z obecnością zawału serca w rodzinie. Udowodniono, że choroba wieńcowa jest związana z kilkoma lub nawet kilkunastoma czynnikami genetycznymi (poligenowość), a dziedziczenie choroby niedokrwiennej serca ma charakter heterogenny (Wojtczak and Skrętowicz, 2007).

Znaczenie dziedziczności chorób tarczycy podobnie przedstawiono w wielu metaanalizach (Brčić et al., 2017; Ferrari et al., 2017). Doniesiono, że czynniki genetyczne wpływają na oś podwzgórze – przysadka – tarczyca w 40-60% (Medici et al., 2015). Nie ma natomiast informacji na temat dziedziczenia chorób tarczycy i stresu oksydacyjnego w przebiegu zawałów serca i niedoczynności tarczycy. W naszym badaniu odnotowaliśmy zależność obecności chorób tarczycy w rodzinie na poziom ketonowych pochodnych (OMB₄₃₀) u osób z niedoczynnością tarczycy oraz z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy (ryc. 6).

Podsumowanie

W naszych badaniach zostały przeanalizowane zmiany stężenia markerów stresu oksydacyjnego, m.in. oksydacji reszt aminokwasowych białek [stężenie aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnie modyfikowanych białek (OMB)] we krwi osób z niedoczynnością tarczycy i/lub zawałami serca, mieszkającymi na terenie Pomorza Środkowego w zależności od wieku, aktywności fizycznej, palenia oraz obecności zawału serca i chorób tarczycy w rodzinie. Jak wynika z naszych badań, poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek był znacznie wyższy u osób starszych, a poziom ketonowych pochodnych – wyższy u osób młodszych z zawałami serca oraz zawałami serca i hipotyreozą. Świadczy to o nasileniu stresu oksydacyjnego w obu przedstawionych jednostkach chorobowych zarówno wśród osób starszych, jak i młodszych.

Najwyższy poziom aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek odnotowano wśród osób z zawałami serca i hipotyreozą o małej aktywności fizycznej oraz wśród osób niepalących, które chorują na niedoczynność tarczycy i dodatkowo przeszły zawały serca, co może świadczyć o nasileniu stresu oksydacyjnego w tych chorobach, niezależnie od aktywności fizycznej i palenia papierosów.

Najwyższy poziom pochodnych aldehydowych odnotowano w grupie osób z zawałami serca i hipotyreozą z obecnym zawałem serca w rodzinie, co może świadczyć o nasileniu stresu oksydacyjnego w obu chorobach, zwłaszcza w tej grupie badanej. Najwyższy poziom badanych parametrów odnotowano wśród osób z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy w obrębie osób z chorobami tarczycy w rodzinie, jak i tych osób, u których w rodzinie choroby tarczycy nie występują. Świadczy to o nasileniu stresu oksydacyjnego w obu przedstawionych jednostkach chorobowych, bez względu na czynnik, jakim są choroby tarczycy w rodzinie.

W przeprowadzonej analizie wariancji wieloczynnikowej stwierdziliśmy, że w przebiegu zawałów serca na poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnie zmodyfiko-

wanych białek (OMB₃₇₀) wpływa płeć, natomiast na poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB₄₃₀) – obecność zawału serca w rodzinie. Na poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek u osób z niedoczynnością tarczycy wpływa mała aktywność fizyczna i wiek powyżej 55. lat, natomiast na poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek wpływa płeć badanych osób. W przebiegu zawałów serca i hipotyreozy na poziom aldehydowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek wpływa wiek i aktywność fizyczna, natomiast na poziom ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek wpływa wiek badanych osób.

References

- Adraskela, K., Veisaki, E., Koutsilieris, M., & Philippou, A. (2017). Physical exercise positively influences breast cancer evolution. *Clinical breast cancer, 17*(6), 408–417. <https://doi.org/10.1016/j.clbc.2017.05.003>
- Apel, K., & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual review of plant biology, 55*, 373–399. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701>
- Asvold, B. O., Bjørø, T., Nilsen, T. I., & Vatten, L. J. (2007). Tobacco smoking and thyroid function: a population-based study. *Archives of internal medicine, 167*(13), 1428–1432. <https://doi.org/10.1001/archinte.167.13.1428>
- Austad, S. N., & Bartke, A. (2015). Sex differences in longevity and in responses to anti-aging interventions: a mini-review. *Gerontology, 62*(1), 40–46. <https://doi.org/10.1159/000381472>
- Barreiro Arcos, M. L. (2022). Role of thyroid hormones-induced oxidative stress on cardiovascular physiology. *Biochimica et biophysica acta. General subjects, 1866*(12), 130239. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2022.130239>
- Beyer, C., Plank, F., Friedrich, G., Wildauer, M., & Feuchtner, G. (2017). Effects of hyperthyroidism on coronary artery disease: a computed tomography angiography study. *The Canadian journal of cardiology, 33*(10), 1327–1334. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2017.07.002>
- Bloomer, R. J., & Fisher-Wellman, K. (2009). The role of exercise in minimizing postprandial oxidative stress in cigarette smokers. *Nicotine & tobacco research: official journal of the Society for Research on Nicotine and Tobacco, 11*(1), 3–11. <https://doi.org/10.1093/ntr/ntn005>
- Brčić, L., Gračan, S., Barić, A., Gunjača, I., Torlak Lovrić, V., Kolčić, I., Zemunik, T., Polašek, O., Barbalić, M., Punda, A., & Boraska Perica, V. (2017). Association of established thyroid-stimulating hormone and free thyroxine genetic variants with hashimoto's thyroiditis. *Immunological investigations, 46*(6), 625–638. <https://doi.org/10.1080/08820139.2017.1337785>

- Buico, A., Cassino, C., Ravera, M., Betta, P. G., & Osella, D. (2009). Oxidative stress and total antioxidant capacity in human plasma. *Redox report: communications in free radical research*, 14(3), 125–131. <https://doi.org/10.1179/135100009X392557>
- Burek, C. L., & Rose, N. R. (2008). Autoimmune thyroiditis and ROS. *Autoimmunity reviews*, 7(7), 530–537. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2008.04.006>
- Carlé, A., Bülow Pedersen, I., Knudsen, N., Perrild, H., Ovesen, L., Banke Rasmussen, L., Jørgensen, T., & Laurberg, P. (2012). Smoking cessation is followed by a sharp but transient rise in the incidence of overt autoimmune hypothyroidism – a population-based, case-control study. *Clinical endocrinology*, 77(5), 764–772. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2265.2012.04455.x>
- Carracedo, J., Ramírez-Carracedo, R., Martínez de Toda, I., Vida, C., Alique, M., De la Fuente, M., & Ramírez-Chamond, R. (2018). Protein carbamylation: a marker reflecting increased age-related cell oxidation. *International journal of molecular sciences*, 19(5), 1495. <https://doi.org/10.3390/ijms19051495>
- Da Costa, L. A., Badawi, A., & El-Sohemy, A. (2012). Nutrigenetics and modulation of oxidative stress. *Annals of nutrition & metabolism*, 60 Suppl. 3, 27–36. <https://doi.org/10.1159/000337311>
- D'Autréaux, B., & Toledano, M. B. (2007). ROS as signalling molecules: mechanisms that generate specificity in ROS homeostasis. *Nature reviews. Molecular cell biology*, 8(10), 813–824. <https://doi.org/10.1038/nrm2256>
- Debmalya, S., Saumitra, R., & Singh, M. H. (2022). Interplay between cardiovascular and thyroid dysfunctions: a review of clinical implications and management strategies. *Endocrine regulations*, 56(4), 311–328. <https://doi.org/10.2478/enr-2022-0033>
- Delitala, A. P. (2017). Subclinical hyperthyroidism and the cardiovascular disease. *Hormone and metabolic research = Hormon- und Stoffwechselforschung = Hormones et métabolisme*, 49(10), 723–731. <https://doi.org/10.1055/s-0043-117893>
- Delitala, A. P., Scuteri, A., Maioli, M., Mangatia, P., Vilardi, L., & Erre, G. L. (2019). Subclinical hypothyroidism and cardiovascular risk factors. *Minerva medica*, 110(6), 530–545. <https://doi.org/10.23736/S0026-4806.19.06292-X>
- Diamanti-Kandarakis, E., Dattilo, M., Macut, D., Duntas, L., Gonos, E. S., Goulis, D. G., Gantzenbein, C. K., Kapetanou, M., Koukkou, E., Lambrinoudaki, I., Michalaki, M., Eftekhari-Nader, S., Pasquali, R., Peppas, M., Tzanela, M., Vassilatou, E., Vryonidou, A., & COMBO ENDO TEAM: 2016 (2017). Mechanisms in endocrinology: aging and anti-aging: a Combo-Endocrinology overview. *European journal of endocrinology*, 176(6), R283–R308. <https://doi.org/10.1530/EJE-16-1061>
- Dubinina, E. E., Burmistrov, S. O., Khodov, D. A., Porotov, I. G. (1995). Oxidative modification of human serum proteins. A method of determining it. *Voprosy Meditsinskoj Khimii*, 41, 24–26. (in Russian)
Дубинина Е.Е., Бурмистров С.О., Ходов Д.А., Поротов И.Г. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод ее определения. *Вопросы медицинской химии*, 1995. Вып. 41, № 1. С. 24–26.
- Ďuračková, Z. (2010). Some current insights into oxidative stress. *Physiological research*, 59(4), 459–469. <https://doi.org/10.33549/physiolres.931844>
- Elfawy, H. A., & Das, B. (2019). Crosstalk between mitochondrial dysfunction, oxidative stress, and age related neurodegenerative disease: etiologies and therapeutic strategies. *Life sciences*, 218, 165–184. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.12.029>

- Elnakish, M. T., Ahmed, A. A., Mohler, P. J., & Janssen, P. M. (2015). Role of oxidative stress in thyroid hormone-induced cardiomyocyte hypertrophy and associated cardiac dysfunction: an undisclosed story. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2015, 854265. <https://doi.org/10.1155/2015/854265>
- Ferrari, S. M., Fallahi, P., Antonelli, A., & Benavente, S. (2017). Environmental issues in thyroid diseases. *Frontiers in endocrinology*, 8, 50. <https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00050>
- Forrester, S. J., Kikuchi, D. S., Hernandez, M. S., Xu, Q., & Griending, K. K. (2018). Reactive oxygen species in metabolic and inflammatory signaling. *Circulation research*, 122(6), 877–902. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.117.311401>
- Gerdes, A. M., & Iervasi, G. (2010). Thyroid replacement therapy and heart failure. *Circulation*, 122(4), 385–393. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.917922>
- Grais, I. M., & Sowers, J. R. (2014). Thyroid and the heart. *The American journal of medicine*, 127(8), 691–698. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2014.03.009>
- Guthold, R., Ono, T., Strong, K. L., Chatterji, S., & Morabia, A. (2008). Worldwide variability in physical inactivity a 51-country survey. *American journal of preventive medicine*, 34(6), 486–494. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.02.013>
- Hulbert A. J. (2000). Thyroid hormones and their effects: a new perspective. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 75(4), 519–631. <https://doi.org/10.1017/s146479310000556x>
- Jabbar, A., Pingitore, A., Pearce, S. H., Zaman, A., Iervasi, G., & Razvi, S. (2017). Thyroid hormones and cardiovascular disease. *Nature reviews. Cardiology*, 14(1), 39–55. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2016.174>
- Jansen, E., & Ruskovska, T. (2015). Serum biomarkers of (anti)oxidant status for epidemiological studies. *International journal of molecular sciences*, 16(11), 27378–27390. <https://doi.org/10.3390/ijms161126032>
- Kamceva, G., Arsova-Sarafinovska, Z., Ruskovska, T., Zdravkovska, M., Kamceva-Panova, L., & Stikova, E. (2016). Cigarette smoking and oxidative stress in patients with coronary artery disease. *Open access Macedonian journal of medical sciences*, 4(4), 636–640. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2016.117>
- Klein, I., & Ojamaa, K. (2001). Thyroid hormone and the cardiovascular system. *The New England journal of medicine*, 344(7), 501–509. <https://doi.org/10.1056/NEJM200102153440707>
- Köhrle J. (2018). Thyroid hormones and derivatives: endogenous thyroid hormones and their targets. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 1801, 85–104. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7902-8_9
- Kushi, L. H., Doyle, C., McCullough, M., Rock, C. L., Demark-Wahnefried, W., Bandera, E. V., Gapstur, S., Patel, A. V., Andrews, K., Gansler, T., & American Cancer Society 2010 Nutrition and Physical Activity Guidelines Advisory Committee (2012). American Cancer Society Guidelines on nutrition and physical activity for cancer prevention: reducing the risk of cancer with healthy food choices and physical activity. *CA: a cancer journal for clinicians*, 62(1), 30–67. <https://doi.org/10.3322/caac.20140>

- Lam, Y. T. (2015). Critical roles of reactive oxygen species in age-related impairment in ischemia-induced neovascularization by regulating stem and progenitor cell function. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2015, 7095901. <https://doi.org/10.1155/2016/7095901>
- Lennicke, C., & Cochemé, H. M. (2021). Redox metabolism: ROS as specific molecular regulators of cell signaling and function. *Molecular cell*, 81(18), 3691–3707. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2021.08.018>
- Levine, R. L., Garland, D., Oliver, C. N., Amic, 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.
- Li, R., Jia, Z., & Trush, M. A. (2016). Defining ROS in biology and medicine. *Reactive oxygen species (Apex, N.C.)*, 1(1), 9–21. <https://doi.org/10.20455/ros.2016.803>
- Liguori, I., Russo, G., Curcio, F., Bulli, G., Aran, L., Della-Morte, D., Gargiulo, G., Testa, G., Cacciatore, F., Bonaduce, D., & Abete, P. (2018). Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical interventions in aging*, 13, 757–772. <https://doi.org/10.2147/CIA.S158513>
- Límanová, Z., & Jiskra, J. (2016). Thyroid hormones and cardiovascular system. *Vnitřní lékařství*, 62(9 Suppl. 3), 92–98. (in Polish)
- Lowsky, D. J., Olshansky, S. J., Bhattacharya, J., & Goldman, D. P. (2014). Heterogeneity in healthy aging. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 69(6), 640–649. <https://doi.org/10.1093/gerona/glt162>
- Mancini, A., Raimondo, S., Di Segni, C., Persano, M., Gadotti, G., Silvestrini, A., Festa, R., Tiano, L., Pontecorvi, A., & Meucci, E. (2013). Thyroid hormones and antioxidant systems: focus on oxidative stress in cardiovascular and pulmonary diseases. *International journal of molecular sciences*, 14(12), 23893–23909. <https://doi.org/10.3390/ijms141223893>
- Manolis, A. A., Manolis, T. A., Melita, H., & Manolis, A. S. (2020). Subclinical thyroid dysfunction and cardiovascular consequences: An alarming wake-up call? *Trends in cardiovascular medicine*, 30(2), 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2019.02.011>
- Marcocci, C., Leo, M., & Altea, M. A. (2012). Oxidative stress in graves' disease. *European thyroid journal*, 1(2), 80–87. <https://doi.org/10.1159/000337976>
- Martinez, F. (2016). Thyroid hormones and heart failure. *Heart failure reviews*, 21(4), 361–364. <https://doi.org/10.1007/s10741-016-9556-5>
- Medici, M., Visser, W. E., Visser, T. J., & Peeters, R. P. (2015). Genetic determination of the hypothalamic-pituitary-thyroid axis: where do we stand? *Endocrine reviews*, 36(2), 214–244. <https://doi.org/10.1210/er.2014-1081>
- Mehran, L., Amouzgar, A., Delshad, H., & Azizi, F. (2012). The association of cigarette smoking with serum TSH concentration and thyroperoxidase antibody. *Experimental and clinical endocrinology & diabetes: official journal, German Society of Endocrinology [and] German Diabetes Association*, 120(2), 80–83. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1285910>
- Meinhold, C. L., Ron, E., Schonfeld, S. J., Alexander, B. H., Freedman, D. M., Linet, M. S., & Berrington de González, A. (2010). Nonradiation risk factors for thyroid cancer in the US Radiologic Technologists Study. *American journal of epidemiology*, 171(2), 242–252. <https://doi.org/10.1093/aje/kwp354>

- Merz, A. A., & Cheng, S. (2016). Sex differences in cardiovascular ageing. *Heart (British Cardiac Society)*, 102(11), 825–831. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2015-308769>
- Metsios, G. S., Flouris, A. D., Angioi, M., & Koutedakis, Y. (2010). Passive smoking and the development of cardiovascular disease in children: a systematic review. *Cardiology research and practice*, 2011, 587650. <https://doi.org/10.4061/2011/587650>
- Min, K., Smuder, A. J., Kwon, O. S., Kavazis, A. N., Szeto, H. H., & Powers, S. K. (2011). Mitochondrial-targeted antioxidants protect skeletal muscle against immobilization-induced muscle atrophy. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 111(5), 1459–1466. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00591.2011>
- Miri, R., Saadati, H., Ardi, P., & Firuzi, O. (2012). Alterations in oxidative stress biomarkers associated with mild hyperlipidemia and smoking. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 50(3-4), 920–926. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.12.031>
- Mittal, M., Siddiqui, M. R., Tran, K., Reddy, S. P., & Malik, A. B. (2014). Reactive oxygen species in inflammation and tissue injury. *Antioxidants & redox signaling*, 20(7), 1126–1167. <https://doi.org/10.1089/ars.2012.5149>
- Mittler, R. (2017). ROS are good. *Trends in plant science*, 22(1), 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.08.002>
- Münzel, T., Camici, G. G., Maack, C., Bonetti, N. R., Fuster, V., & Kovacic, J. C. (2017). Impact of oxidative stress on the heart and vasculature: Part 2 of a 3-Part series. *Journal of the American College of Cardiology*, 70(2), 212–229. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.05.035>
- Ohye, H., & Sugawara, M. (2010). Dual oxidase, hydrogen peroxide and thyroid diseases. *Experimental biology and medicine (Maywood, N.J.)*, 235(4), 424–433. <https://doi.org/10.1258/ebm.2009.009241>
- Ostan, R., Monti, D., Guerresi, P., Bussolotto, M., Franceschi, C., & Baggio, G. (2016). Gender, aging and longevity in humans: an update of an intriguing/neglected scenario paving the way to a gender-specific medicine. *Clinical science (London, England: 1979)*, 130(19), 1711–1725. <https://doi.org/10.1042/CS20160004>
- Panicker, V. (2011). Genetics of thyroid function and disease. *The Clinical biochemist. Reviews*, 32(4), 165–175.
- Paschou, S. A., Bletsas, E., Stampouloglou, P. K., Tsigkou, V., Valatsou, A., Stefanaki, K., Kazakou, P., Spartalis, M., Spartalis, E., Oikonomou, E., & Siasos, G. (2022). Thyroid disorders and cardiovascular manifestations: an update. *Endocrine*, 75(3), 672–683. <https://doi.org/10.1007/s12020-022-02982-4>
- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017, 8416763. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>
- Radak, Z., Zhao, Z., Koltai, E., Ohno, H., & Atalay, M. (2013). Oxygen consumption and usage during physical exercise: the balance between oxidative stress and ROS-dependent adaptive signaling. *Antioxidants & redox signaling*, 18(10), 1208–1246. <https://doi.org/10.1089/ars.2011.4498>
- Rahal, A., Kumar, A., Singh, V., Yadav, B., Tiwari, R., Chakraborty, S., & Dhama, K. (2014). Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: the interplay. *BioMed research international*, 2014, 761264. <https://doi.org/10.1155/2014/761264>

- Sawicka-Gutaj, N., Gutaj, P., Sowiński, J., Wender-Ożegowska, E., Czarnywojtek, A., Brązert, J., & Ruchała, M. (2014). Influence of cigarette smoking on thyroid gland – an update. *Endokrynologia Polska*, 65(1), 54–62. <https://doi.org/10.5603/EP.2014.0008>
- Siti, H. N., Kamisah, Y., & Kamsiah, J. (2015). The role of oxidative stress, antioxidants and vascular inflammation in cardiovascular disease (a review). *Vascular pharmacology*, 71, 40–56. <https://doi.org/10.1016/j.vph.2015.03.005>
- Smith, T. J. (2010). Pathogenesis of Graves' orbitopathy: a 2010 update. *Journal of endocrinological investigation*, 33(6), 414–421. <https://doi.org/10.1007/BF03346614>
- Szanto, I., Pusztaszeri, M., & Mavromati, M. (2019). H₂O₂ metabolism in normal thyroid cells and in thyroid tumorigenesis: focus on NADPH oxidases. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 8(5), 126. <https://doi.org/10.3390/antiox8050126>
- Tauler, P., Ferrer, M. D., Romaguera, D., Sureda, A., Aguilo, A., Tur, J., & Pons, A. (2008). Antioxidant response and oxidative damage induced by a swimming session: influence of gender. *Journal of sports sciences*, 26(12), 1303–1311. <https://doi.org/10.1080/02640410801974992>
- Testa, G., Cacciatore, F., Galizia, G., Della-Morte, D., Mazzella, F., Langellotto, A., Russo, S., Gargiulo, G., De Santis, D., Ferrara, N., Rengo, F., & Abete, P. (2010). Waist circumference but not body mass index predicts long-term mortality in elderly subjects with chronic heart failure. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(8), 1433–1440. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.02979.x>
- Valavanidis, A., Vlachogianni, T., & Fiotakis, K. (2009). Tobacco smoke: involvement of reactive oxygen species and stable free radicals in mechanisms of oxidative damage, carcinogenesis and synergistic effects with other respirable particles. *International journal of environmental research and public health*, 6(2), 445–462. <https://doi.org/10.3390/ijerph6020445>
- Vale, C., Neves, J. S., von Hafe, M., Borges-Canha, M., & Leite-Moreira, A. (2019). The role of thyroid hormones in heart failure. *Cardiovascular drugs and therapy*, 33(2), 179–188. <https://doi.org/10.1007/s10557-019-06870-4>
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 39(1), 44–84. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2006.07.001>
- Vargas-Uricoechea, H., Bonelo-Perdomo, A., & Sierra-Torres, C. H. (2014). Effects of thyroid hormones on the heart. *Clinica e investigacion en arteriosclerosis: publicacion oficial de la Sociedad Espanola de Arteriosclerosis*, 26(6), 296–309. <https://doi.org/10.1016/j.arteri.2014.07.003>
- Vassalle, C., Novembrino, C., Maffei, S., Sciarrino, R., De Giuseppe, R., Vigna, L., de Liso, F., Mercuri, A., & Bamonti, F. (2011). Determinants of oxidative stress related to gender: relevance of age and smoking habit. *Clinical chemistry and laboratory medicine*, 49(9), 1509–1513. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2011.622>
- Venditti, P., & Di Meo, S. (2006). Thyroid hormone-induced oxidative stress. *Cellular and molecular life sciences: CMLS*, 63(4), 414–434. <https://doi.org/10.1007/s00018-005-5457-9>
- Venditti, P., Di Stefano, L., & Di Meo, S. (2010). Oxidative stress in cold-induced hyperthyroid state. *The Journal of experimental biology*, 213(Pt 17), 2899–2911. <https://doi.org/10.1242/jeb.043307>

Villanueva, I., Alva-Sánchez, C., & Pacheco-Rosado, J. (2013). The role of thyroid hormones as inductors of oxidative stress and neurodegeneration. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2013, 218145. <https://doi.org/10.1155/2013/218145>

Vina, J., Sanchis-Gomar, F., Martinez-Bello, V., & Gomez-Cabrera, M. C. (2012). Exercise acts as a drug; the pharmacological benefits of exercise. *British journal of pharmacology*, 167(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2012.01970.x>

Wojtczak, A., & Skretkiewicz, J. (2007). Genetics in ischaemic heart disease. *Polski merkuriusz lekarski: organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*, 23(133), 5–8. (in Polish)

Zar, J. H. (1999). *Biostatistic Analysis*. 4th ed. Prentice Hall Inc.

Zarković, M. (2012). The role of oxidative stress on the pathogenesis of graves' disease. *Journal of thyroid research*, 2012, 302537. <https://doi.org/10.1155/2012/302537>

Наталія Кургалюк, Малгожата Дубік-Тота, Кшиштоф Тота, Галина Ткаченко
ВПЛИВ ВІКУ, ФІЗИЧНОЇ АКТИВНОСТІ, КУРІННЯ ТА НАЯВНОСТІ
В РОДИНІ ІНФАРКТУ МІОКАРДА ТА ЗАХВОРЮВАНЬ ЩИТОВИДНОЇ ЗАЛОЗИ
НА РІВЕНЬ АЛЬДЕГІДНИХ ТА КЕТОНОВИХ ПОХІДНИХ ОКИСНЮВАЛЬНО
ЗМОДИФІКОВАНИХ БІЛКІВ У КРОВІ ЧОЛОВІКІВ ТА ЖІНОК
З ІНФАРКТОМ МІОКАРДА ТА ГІПОТИРЕОЗОМ

АНОТАЦІЯ

Про важливість гормонів щитовидної залози для підтримки гомеостазу серцево-судинної системи можна зробити висновок з клінічних і експериментальних даних, які показують, що навіть незначні зміни концентрації гормонів щитовидної залози, такі як ті, що спостерігаються при субклінічному гіпотиреозі або гіпертиреозі та синдромі низького рівня трийодтироніну, негативно впливають на серцево-судинну систему. Деякі потенційні механізми, що зв'язують ці два стани, включають дисліпідемію, ендотеліальну дисфункцію, зміни артеріального тиску та прямий вплив тиреоїдних гормонів на міокард.

Мета роботи: аналіз змін концентрації маркерів окиснювального стресу, включаючи окиснення білків [концентрації альдегідних і кетонівих похідних окиснювально модифікованих білків (ОМВ)] в крові осіб з гіпотиреозом та/або інфарктом міокарда, що проживають у центрально-поморському регіоні (Польща), залежно від віку, фізичної активності, куріння та наявності в сім'ї інфарктів міокарда і захворювань щитовидної залози.

Методологія. Рівень маркерів окиснювального стресу було оцінено серед 243 осіб, тобто 142 чоловіків (58,44 %) та 101 жінок (41,57 %) у віці 35-71 років, які проживають у Поморському воєводстві (Польща). В отриманій від пацієнтів крові проводили аналіз рівнів альдегідних і кетонівих похідних окиснювально модифікованих білків.

Наукова новизна. Згідно з нашими дослідженнями, рівень альдегідних похідних окиснювальної модифікації білків був достовірно вищим у людей похилого віку (понад 55 років), а рівень кетонівих похідних – у осіб молодшого віку (до 55 років) з перенесеним інфарктом міокарда, і як з перенесеним інфарктом міокарда і гіпотиреозом. Це свідчить про інтенсифікацію оксидативного стресу при обох представлених захворюваннях, як у людей похилого віку, так і в осіб молодшого віку. Найвищий рівень альдегідних та кетонівих похідних окиснювальної модифікації білків відмічено серед осіб з перенесеними інфарктами міокарда та гіпотиреозом з низькою фізичною активністю та серед некурців, які страждають на гіпотиреоз та додатково перенесли інфаркт міокарда, що може свідчити про підвищення оксидативного стресу при цих захворюваннях, незалежно від впливу фізичних навантажень і куріння. Найвищий рівень альдегідних похідних відзначено в групі осіб з перенесеним інфарктом міокарда та гіпотиреозом, з наявністю інфарктів міокарда в сімейному анамнезі, що може свідчити про підвищення оксидативного стресу при обох захворюваннях, особливо в цій досліджуваній групі. Найвищий рівень окиснювальної модифікації білків відмічено у осіб з перенесеним інфарктом міокарда та гіпотиреозом, осіб із захворюваннями щитовидної залози в сімейному анамнезі, а також тих, хто не мав захворювань щитовидної залози в сімейному анамнезі. Це свідчить про посилення оксидативного стресу при обох представлених захворюваннях, незалежно від наявності такого фактора як наявність захворювань щитовидної залози в сімейному анамнезі.

Висновки. У перебігу інфаркту міокарда на рівень альдегідних похідних окиснювально модифікованих білків впливає стать, а на рівень кетонівих похідних окиснювально модифікованих білків – наявність інфаркту

міокарда в сімейному анамнезі. На рівень альдегідних похідних окиснювальної модифікації білків у осіб з гіпотиреозом впливає низька фізична активність і вік старше 55 років, тоді як на рівень кетонових похідних окиснювальної модифікації білків впливає стать осіб. При інфаркті міокарда та гіпотиреозі на рівень альдегідних похідних окиснювальної модифікації білків впливає вік і фізична активність, а на рівень кетонових похідних окиснювальної модифікації білків – вік осіб.

Ключові слова: альдегідні та кетонові похідні окиснювально модифікованих білків, гіпотиреоз, інфаркт міокарда, жінки, чоловіки, фізична активність, паління

Received: 13.01.2024. **Accepted:** 06.03.2024. **Published:** 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Kurhaluk N., Dubik-Tota M., Tota K., Tkaczenko H. Wpływ wieku, aktywności fizycznej, palenia oraz obecności zawału serca i chorób tarczycy w rodzinie na poziom aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek we krwi kobiet i mężczyzn z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy. *Biota. Human. Technology.* 2024. №1. C. 117-142.

Cite this article in APA style as:

Kurhaluk, N., Dubik-Tota, M., Tota, K., & Tkaczenko, H. (2024). Impact of age, physical activity, smoking and the presence of myocardial infarction and thyroid diseases in the family on the levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidative modification of proteins in the blood of women and men with myocardial infarcts and hypothyroidism. *Biota. Human. Technology*, 1, 117-142. (in Polish)

Information about the authors:

Kurhaluk N. [*in Ukrainian: Кургалюк Н.*] ¹, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: natalia.kurhaluk@apsl.edu.pl

ORCID: 0000-0002-4669-1092 Scopus-Author ID: 55520986600

Department of Animal Physiology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk

22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

Dubik-Tota M. [*in Ukrainian: Дубік-Тота М.*] ², Ph.D. in Biol.Sc., email: malgorzata.dubik@apsl.edu.pl Division of

Nursing and Emergency Medical Services, Institute of Health Sciences, Pomeranian University in Słupsk

22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

Tota K. [*in Ukrainian: Тота К.*] ³, Ph.D. in Biol.Sc., email: krzysztof.tota@apsl.edu.pl

Division of Nursing and Emergency Medical Services, Institute of Health Sciences, Pomeranian University in Słupsk

22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

Tkaczenko H. [*in Ukrainian: Ткаченко Г.*] ⁴, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halina.tkaczenko@apsl.edu.pl

ORCID: 0000-0003-3951-9005 Scopus-Author ID: 16032082200

Department of Zoology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk

22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

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

² Data collection.

³ Data collection.

⁴ Study design, statistical analysis, manuscript preparation.

UDC 616.517:303.62

Natalia Jażdżewska, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk

**ANALIZA OPINII KOBIEŃ I MĘŻCZYŹN
W RÓŻNYM WIEKU NA TEMAT ŁUSZCZYCY**

Natalia Jażdżewska, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk

**ANALYSIS OF THE OPINIONS OF WOMEN AND MEN
OF DIFFERENT AGES ABOUT PSORIASIS**

DOI: 10.58407/bht.1.24.12

STRESZCZENIE

Cel pracy: Celem pracy była weryfikacja wiedzy kobiet i mężczyzn w różnym wieku na temat łuszczycy, jej objawów oraz czynników wyzwalających objawy tej choroby.

Metodologia. W badaniu wzięło udział 100 respondentów, u których badano poziom wiedzy dotyczącej łuszczycy, jej objawów oraz czynników wyzwalających objawy tej choroby. Żaden z ankietowanych nie wykazał, że chorował lub choruje na łuszczycę. Wśród badanych było 28 mężczyzn (28 %) i 72 kobiety (72 %), w wieku od 17. do 65. lat. W pracy wykorzystano badanie ankietowe, umożliwiające uzyskanie od respondentów danych na temat wiedzy o łuszczycy. Narzędziem badawczym, które posłużyło do przeprowadzenia badania był anonimowy kwestionariusz ankiety. Badanie polegało na samodzielnym udzielaniu odpowiedzi na pytania ankietowe. Ankieta składała się z dziesięciu różnego rodzaju pytań, które zostały tak skonstruowane, aby motywować badane osoby do udzielania szczerych informacji. Były to zarówno pytania metryczkowe, jak i dotyczące subiektywnych doświadczeń respondentów.

Nowatorstwo naukowe. Na pytanie czy kiedykolwiek respondenci słyszeli o tej chorobie aż 91 osób odpowiedziało twierdząco. Zarówno wśród kobiet, jak i mężczyzn w każdym przedziale wiekowym odsetek osób, które słyszały o łuszczycy wynosił ok. 90 %. Ankietowani poniżej 30. roku życia znali poprawną odpowiedź na pytanie o wiek pojawiania się pierwszych objawów w 70-80 %, w zależności od płci i przedziału wiekowego. Wiedza o zakaźności tej choroby również była zadowalająca, ponieważ w większości grup (nawet 89,5 %) ankietowani odpowiedzieli, że łuszczycy nie jest zaraźliwa (odnotowano nawet 89,5 % poprawnych odpowiedzi). Na pytanie «Jaką chorobą jest łuszczycyca?», w którym chodziło o charakter schorzenia (choroba przewlekła, autoimmunologiczna oraz genetyczna), z wyjątkiem osób w wieku 31-40 lat., którzy udzielili w stu procentach poprawnych odpowiedzi, pozostali ankietowani wybrali poprawną odpowiedź w granicach 26,1–57,9 %. Odpowiadając na pytanie o objawy łuszczycy tylko 27,5 % zaznaczyło poprawnie jej symptomy, natomiast 45,1 % respondentów wybrało objawy atopowego zapalenia skóry. Również odpowiedzi na pytanie o objawy łuszczycy paznokci wykazały niski poziom wiedzy ankietowanych odnośnie tej dolegliwości, ponieważ tylko 20,2 % z nich udzieliło odpowiedzi poprawnych. Jako czynnik wyzwalający objawy łuszczycy, respondenci najczęściej wybierali prawidłowo -stres (30 %), infekcje (28,9 %) oraz uszkodzenia skóry (18,9 %). Mężczyźni i kobiety w każdym przedziale wiekowym najliczniej odpowiadali, że łuszczycyca może być przeciwwskazaniem do zabiegu kosmetycznego, ale w zależności od rodzaju zabiegu, co dało wynik satysfakcjonujący i świadczyło o tym, że ankietowani wiedzieli, iż osoby chore także mogą korzystać z usług kosmetycznych, pomimo zmian skórnych. Ankietowani posiadali zadowalającą wiedzę na temat okresów wyciszenia choroby – prawidłowej odpowiedzi, że w schorzeniu tym występują okresy remisji udzieliło w poszczególnych grupach od 50 % do 100 % osób.

Wnioski. Odpowiedzi na pytania zawarte w ankiecie dotyczącej łuszczycy wykazały, że większość osób (91 %) słyszała o tej chorobie oraz, że posiadają wiedzę na temat wieku pojawienia się pierwszych objawów, zakaźności łuszczycy, czynników wyzwalających, okresów remisji oraz możliwości korzystania z usług gabinetów kosmetycznych. Natomiast w kwestii objawów samej łuszczycy, objawów łuszczycy paznokci oraz odnośnie charakteru choroby ankietowani wykazali znaczący brak wiedzy.

Słowa kluczowe: łuszczycyca, opinia, respondenci, kobiety, mężczyźni

ABSTRACT

Purpose: The study aimed to assess the knowledge of women and men of different ages about psoriasis, its symptoms and factors that trigger psoriasis symptoms.

Methodology. The study involved 100 respondents whose knowledge of psoriasis, its symptoms and factors that trigger psoriasis symptoms was assessed. The respondents included 28 men (28 %) and 72 women (72 %) aged between 17 and 65 years. The tool used in the study was a survey, which allowed data to be collected from respondents about

their knowledge of psoriasis. The research tool used to conduct the study was an anonymous questionnaire. The study involved answering the survey questions independently, without the involvement of the researcher. There were 10 different types of questions in the survey. These included both personal details and questions about the respondents' subjective experiences.

Scientific novelty. When asked if they had ever heard of the condition, 91 respondents said they had. For both women and men in all age groups, the percentage of respondents who had heard of psoriasis was around 90 %. Respondents under 30 knew the correct answer to the question about the age at which symptoms first appear (70-80 %). The question about the contagiousness of the disease also gave satisfactory results: the majority of respondents (up to 89.5 %) answered that psoriasis is not contagious. The question "What disease is psoriasis?", which asked about the aetiology of the disease (chronic, autoimmune and genetic), again showed that, with the exception of respondents aged 31 to 40 who gave only one correct answer, the rest of the respondents (26.1-57.9 %) chose the correct answer. Unfortunately, knowledge of the symptoms of psoriasis is very low, with only 27.5 % of all respondents marking the symptoms of psoriasis. The majority (45.1 %) chose the description of atopic dermatitis. The question about the symptoms of psoriasis of the nail also showed a very low level of awareness among respondents, with only 20.2 % giving the correct answer. When it comes to the factors that trigger the symptoms of the condition in question, the most common answers were stress (30 %), infection (28.9 %) and skin damage (18.9 %), which is correct. Men and women of all ages most often agreed that psoriasis can be a contraindication to cosmetic procedures, but depending on the type of procedure; this gives satisfactory results and proves that people with psoriasis can, according to the respondents, use cosmetic services despite skin changes. The question about periods of remission also showed that respondents had a satisfactory knowledge of this subject, as the correct answer – that there are periods of remission in this disease – was given by the largest number of respondents in each study group (between 50 and 100 %).

Conclusions. The results of our study showed that most respondents (91 %) had heard of psoriasis and were aware of the age at which symptoms first appear, the infectious nature of psoriasis, triggering factors, remission periods and the possibility of using cosmetological procedures. However, the study also revealed a significant lack of knowledge, particularly about the symptoms of psoriasis and psoriasis of the nail and the aetiology of the disease.

Keywords: psoriasis, opinion, respondents, women, men

Wprowadzenie

Łuszczyca, z łac. *Psoriasis* (ICD-10: L40) jest przewlekłym schorzeniem skóry o charakterze nawrotowym, przebiegającym ze stanem zapalnym, charakteryzującym się wyraźnie odgraniczonymi, łuszczącymi się, rumieniowymi blaszkami (Rigon et al., 2021; Lanna et al., 2022). Łuszczycę zakwalifikowano jako chorobę grudek-złuszczającą, której objawy skórne występują głównie na powierzchniach wyprostnych kończyn, w okolicy krzyżowej, na uszach oraz na owłosionej skórze głowy, jednak mogą zajmować każdy inny obszar skóry. Mogą skupiać się w kilku miejscach lub na większości powierzchni skóry (Raharja et al., 2021). W chorobie tej występuje zwiększona proliferacja naskórka, w wyniku której powstają złuszczające się grudki, które ustępują nie pozostawiając po sobie zmian na skórze. Łuszczyca może zajmować całą powierzchnię skóry oraz stawów, co może prowadzić do niepełnosprawności (Jabłońska et al., 2001).

Łuszczyca występuje z jednakową częstotliwością zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn. Wyróżniono dwa szczyty zachorowań przypadające na okres dojrzewania oraz wiek średni. Zwrócono również uwagę na czynnik genetyczny – choroba występuje rodzinnie. Wśród czynników wyzwalających

wymieniono: urazy, infekcje, leki, stres oraz używki. Występujące blaszki mogą mieć wielkość ok. 1-2 cm lub większą, zajmując nawet całą wyprostną powierzchnię kończyny, mają intensywnie czerwoną barwę, są pogrubiałe, pokryte srebrzystą łuską. Objawy są bardzo różnorodne. Chore powierzchnie skórne są wyraźnie odgraniczone od powierzchni skóry zdrowej (Rycroft et al., 2014).

Poza konwencjonalną definicją choroby skóry, łuszczyca jest obecnie uważana za chorobę ogólnoustrojową (Amanat et al., 2018; Armstrong and Read, 2020). U pacjentów chorych mogą wystąpić zmiany w innych narządach, np. w stawach (Veale and Fearon, 2018) i w układzie sercowo-naczyniowym (Masson et al., 2020). Ponadto pacjenci z łuszczycą są podatni na różne zaburzenia psychiczne, w tym na depresję, stany lękowe (Bangemann et al., 2014), chorobę afektywną dwubiegunową (Chen et al., 2021), zaburzenia osobowości (Rubino et al., 1995) i zaburzenia funkcji poznawczych (Innamorati et al., 2018). Choroba ta może stanowić duże obciążenie fizyczne i psychiczne dla tych pacjentów, negatywnie wpływając na ich stan zdrowia, życie prywatne i karierę zawodową (Hawro et al., 2017). Łuszczyca może znacznie obniżyć jakość życia w zakresie funkcjonowania fizycznego, emocjonalnego i społecznego (De Jager et al., 2011).

Łuszczyca jest jedną z najczęstszych dziedzicznych chorób skóry. Dotyka zarówno mężczyzn, jak i kobiety. Wcześniej pojawia się u kobiet i u osób, u których na podstawie wywiadu rodzinnego stwierdza się występowanie tej choroby u któregoś z przodków lub bliskich krewnych. Przebieg choroby ma rozkład bimodalny, ze szczytami w wieku 30–39 lat i 60–69 lat u mężczyzn oraz z o 10 lat wcześniejszymi szczytami u kobiet (Parisi et al., 2020; Raharja et al., 2021). Szacuje się, że na całym świecie na łuszczycę choruje 60 milionów ludzi, a częstość jej występowania w poszczególnych krajach waha się od 0,05 % dla ogólnej populacji na Tajwanie do 1,88 % w Australii (Parisi et al., 2020). W Wielkiej Brytanii dotyka 1,52 % populacji ogólnej (Raharja et al., 2021). Szacuje się, że choruje na nią ok. 2 % populacji w Polsce, Europie i Stanach Zjednoczonych. Choroba dotyka ludzi wszystkich ras, ale w Azji i zachodniej Afryce występuje ona rzadziej, natomiast bardziej narażona na zachorowanie jest rasa biała. Częściej występuje na obszarach o wysokich dochodach i na obszarach zamieszkiwanych przez populacje starsze (Parisi et al., 2020). Nie ma natomiast jednoznacznych danych ilościowych w związku z łuszczycą wrodzoną u noworodków. Zamiast niej może występować ciężki stan zapalny skóry, mogący przeobrazić się w inne schorzenie, w którym występuje rybia łuska, ale mające inny charakter niż łuszczyca (Wolska, 2009).

Patogeneza łuszczycy jest wieloczynnikowa, przy czym główną rolę odgrywają czynniki genetyczne, szczególnie u osób z łuszczycą plackowatą o wczesnym początku (< 40 lat). Wykazano to w badaniach bliźniaczych, rodzinnych i na dużą skalę na poziomie populacji, w których odziedziczalność oszacowano na 60–90% (Dand et al., 2020). Obecnie zidentyfikowano ponad 60 loci podatności za pomocą badań asocjacyjnych, obejmujących cały genom (Dand et al., 2020). Wiele potencjalnych genów przyczynowych bierze udział w prezentacji antygeny (HLA-C i ERAP1), sygnalizacji NF-kappa B (TNIP1), szlaku interferonu typu 1 (RNF113 i IFIH1), osi interleukiny (IL)-23/Th17 (IL23R, IL12B i TYK2) oraz funkcji bariery skórnej (LCE3). Sugeruje to złożoną interakcję między limfocytami T, komórkami dendrytycznymi i keratynocytami jako prawdopodobną patofizjologię leżącą u podstaw łuszczycy, przy czym oś

IL-23/Th17 jest głównym czynnikiem aktywacji układu odpornościowego, przewlekłego stanu zapalnego i proliferacji keratynocytów (Schön and Erpenbeck, 2018). Wiadomo, że czynniki środowiskowe takie jak otyłość, stres, β -blokery, palenie papierosów i innych używek, i preparaty zawierające sole litu zaostrzają łuszczycę (Budu-Aggrey et al., 2019).

Wyróżnia się dwa główne typy *Psoriasis*. Typ I rozpoczyna się przed 30. rokiem życia i jest sprzężony z ludzkimi antygenami leukocytarnymi HLA-Cw6, B13 i B57, a zmiany skórne w tym typie są rozległe. Typ II natomiast zaczyna się najczęściej między 50. a 70. rokiem życia i jest w mniejszym stopniu sprzężony z antygenem Cw6, natomiast silniej z HLA-Cw2 i B27 (Jabłońska et al., 2001). Różni autorzy nie są zgodni co do wieku, w którym występują szczyty zachorowań. Anna Neneman oraz Zygmunt Adamski twierdzą, że typ I pojawia się między 18. a 22. rokiem życia, zaznaczając również, że występuje on zwykle przed czterdziestką. Przebieg tego typu jest cięższy od innych typów, a choroba występuje rodzinnie. Według Nenemana et al. (2009), szczyt zachorowań na typ II występuje między 55. a 60. rokiem życia, przebieg choroby jest «stabilny», a zmiany występują na mniejszych powierzchniach niż w typie I. Hanna Wolska (2009) podaje, że szczyt zachorowalności na typ II *Psoriasis* przypada między 57. a 60. rokiem życia. Przedstawia ona dane, że ten typ schorzenia występuje genetycznie w 10-30 % przypadków. Wskazuje również na podobieństwo zmian skórnych pomiędzy typami łuszczycy I i II.

Krystyna Romańska-Gocka (2009) wyróżniła typ I łuszczycy, w którym zwróciła uwagę na powiązanie tego typu z antygenem DR7 [(ludzkie cząsteczki MHC klasy II) receptora antygeny ludzkiego głównego układu zgodności tkankowej, klasa II, DR7]. Zmiany łuszczycowe pojawiają się przed 40. rokiem życia i są uogólnione. Przebieg choroby jest cięższy, nawrotowy i bardziej oporny na leczenie niż typ II, który autorka nazwała «*łuszczycą dorosłych*», zaczyna się po 40. roku życia i nie występuje rodzinnie (Romańska-Gocka, 2009).

Kaszuba et al. w *Dermatologii geriatrycznej* (2016) zamieścili poniższą tabelę (Tabela 1), w której porównane zostały przez nich typy łuszczycy – typ I oraz typ II.

Typy łuszczycy (Kaszuba et al., 2016)

Łuszczycyca typu I	Łuszczycyca typu II
Wczesny początek (do 20. r.ż.)	Późny początek (między 40. a 60. r.ż.)
Silny związek z antygenem HLA-Cw6	Brak związku z HLA-Cw6, związek z antygenami HLA-Cw2, B27
Występowanie rodzinne	Zwykle nie występuje rodzinnie
Częste nawroty i zaostrzenia	Raczej stabilny przebieg
Sklonność do uogólniania się zmian	Zmiany skórne ograniczone
Infekcyjne czynniki wyzwalające	Czynniki środowiskowe i nałogi: leki, alkohol, nikotyna
	Wzrost częstości zajęcia stawów i paznokci

Wyniki badań wymienionych autorów są bardzo podobne, jednak można zauważyć niewielkie rozbieżności w przedstawianym przez nich wieku chorych, na który przypadają szczyty zachorowalności, zarówno w I, jak i II typie łuszczycy. Niewątpliwie na zachorowanie na łuszczycę wpływają geny. Wyniki badań genetycznych pomiędzy I i II typem łuszczycy są odmienne. Układ immunologiczny odgrywa znaczącą rolę w łuszczycy, ponieważ w tej jednostce chorobowej aktywowane zostają limfocyty T oraz cytokiny, odpowiedzialne za proliferację komórek. Także komórki Langerhansa migrują do skóry i są obecne w naciekach zapalnych. W reakcji autoimmunologicznej biorą udział również superantygeny, które dotyczą głównie łuszczycy spowodowanej infekcją bakteryjną lub wirusową. Antygenem mogą być wirusy EV-HPV5, a także inne wirusy z grupy EV-HPV, znajdujące się w naskórku zmian łuszczycowych. Wirus może się aktywować przez pobudzenie komórek naskórka do proliferacji. Przyczyną mogą być np.: superantygeny lub zadrapania – wówczas występuje objaw Koebnera. Wirus prawdopodobnie przechodzi do warstwy rogowej z proliferującymi komórkami i tam uzyskuje kapsyd. Wówczas staje się antygenem, przeciw któremu organizm wytwarza przeciwciała. Na dowód, że takie procesy mają miejsce, należałoby odkryć transkrypty białek E6 i E7 EV-HPV w naskórku. Na razie nie udało się jednak potwierdzić tej hipotezy. W łuszczycy występuje również wzmożona angiogeneza. Naczynia krwionośne wykazują wzmożony przepływ krwi i stają się bardziej przepuszczalne, co umożliwia łatwiejsze przedostawanie się komórek zapalnych do skóry. Wynikiem działania superantygenów,

limfocytów T, w tym autoreaktywnych, a także nieznanego autoantygeny, który jest obecny w warstwie rogowej, a którego jeszcze nie poznano, jest wzmożona proliferacja naskórka. Cykl komórkowy w naskórku może być nawet osiem razy krótszy. W łuszczycy występuje zjawisko nazwane parakeratozą. Jest to zachowanie resztek jądra w warstwie rogowej, co świadczy o przyspieszonym i niepełnym rogowaceniu. Należy zwrócić uwagę także na rolę układu nerwowego. Bardzo często na pojawienie się zmian łuszczycowych ma wpływ stres. Zauważono również zwiększoną ilość receptorów dla neuropeptydu powstającego w skórnych nerwach czuciowych. Neuropeptyd ten nazwano substancją P. Ma ona związek z procesami zachodzącymi w łuszczycy (Jabłońska et al., 2001).

Bardzo ważnym aspektem w etiopatogenezie łuszczycy jest czynnik martwicy nowotworów – TNF- α . Jest on cytokiną, która odgrywa główną rolę w reakcji zapalnej i immunologicznej. Czynnik ten jest wytwarzany przez monocyty, keratynocyty, makrofagi, komórki Langerhansa, komórki tuczne, komórki dendrytyczne oraz przez pobudzone limfocyty T. Czynnik TNF- α aktywuje i zwiększa proces proliferacji komórek naskórka, limfocytów B oraz T, a także wspomaga ich oporność na apoptozę. Badania wykazały, że w trakcie choroby na łuszczycę wzrasta stężenie TNF- α . Czynnik ten jest również miejscem docelowym leków biologicznych (Neneman et al., 2009). Powierzchnia skóry pokrytej zmianami łuszczycowymi jest czterokrotnie, a nawet sześciokrotnie większa od powierzchni skóry zdrowej, a pojedyncze komórki na powierzchni chorej są także większe. W komórkach chorej skóry występuje zwiększona synteza DNA i

częściej zachodzi mitozą niż w komórka skóry zdrowej. Wpływ na zachorowanie ma także zakażenie paciorkowcami i gronkowcami. U 26-97 % dzieci chorych na ostry wysiew *Psoriasis* choroba poprzedzona została zakażeniem paciorkowcami (Romańska-Gocka, 2009).

Zmiany skórne w łuszczycy mają barwę czerwoną lub czerwono-brunatną, są wyraźnie odgraniczone od skóry zdrowej, mają postać płasko-wyniosłych grudek. Występują białosrebrzyste łuski, po zdrapaniu których, uwidacznia się połyskująca powierzchnia – objaw świecy stearynowej, a następnie pojawia się krwawienie w postaci kropelek – objaw Auspitz (Kaszuba et al., 2016). Jest ono skutkiem uszkodzenia naczyń krwionośnych wydłużonych brodawek skóry, które znajdują się tak płytko z powodu bardzo ściętego naskórka. Wczesne wykwity są drobne – mniejsze od jednego centymetra, natomiast zmiany rozwinięte mają wielkość kilku centymetrów i są pokryte srebrzystymi łuskami – blaszkami łuszczycowymi. Ogniska chorobowe szerzą się obwodowo. Mogą występować obrączki, w których częściach środkowych zmiany ustępują. W aktywnej łuszczycy występuje objaw Koebnera – wzdłuż zadrapań naskórka pojawiają się zmiany łuszczycowe po upływie 6-12 dni.

Na skórze głowy bardzo często pojawiają się zmiany zlewające się, pokryte nawarstwionymi łuskami. Włosy zazwyczaj nie są zmienione oraz nie występuje łysienie. Ten charakter łuszczycy może poprzedzać wykwity, które pojawiają się w innych okolicach ciała. W sytuacji, gdy choroba obejmuje narządy płciowe oraz okolice odbytu zazwyczaj pojawiają się zmiany zlewające się, o charakterze wysiękowym. Zmianom skórnym może towarzyszyć łuszczycyca paznokci, ale nie jest to regułą. W przypadku paznokci zmianami łuszczycowymi mogą być: paznokieć naporstkowaty – punktowe wgłębienia, rogowacenie podpaznokciowe, pobruzdowania, zmatowienie płytki, kruchość, pogrubienie lub żółte zabarwienie. U wielu chorych następują okresy remisji pod wpływem promieniowania UV, czyli latem, jednak niektórzy reagują na światło słoneczne odwrotnie i następuje zaostrzenie choroby (Jabłońska et al., 2001). Zmiany chorobowe mogą towarzyszyć przez całe życie chorego lub pojawiać się i znikać. Wykwity mogą występować w małych ilościach, pojedynczo, mogą być małych rozmiarów, ale mogą mieć charakter erytrodermii (Neneman et al., 2009).

Do najczęściej wymienianych czynników zapoczątkujących lub nasilających zmiany chorobowe, a także prowokujących nawroty łuszczycy według Kaszuby et al. (2016) oraz Romańskiej-Gockkiej (2009) należą:

- leki (przeciwmalaryczne, β -blokery, niesteroidowe leki przeciwzapalne, kortykosteroidy, sole litu, progesteron, amiodaron, inhibitory esterazy acetylocholinowej, cymetydyna);
- niebilansowana dieta – duża ilość tłuszczu zwierzęcych;
- używki – alkohol, papierosy;
- stres;
- zaburzenia metaboliczne;
- infekcje;
- menopauza;
- ciąża;
- poród;
- współistniejące choroby autoimmunologiczne (np. Leśniowskiego-Crohna);
- współistniejące choroby dermatologiczne;
- oparzenia;
- ukąszenia owadów;
- skaleczenia, zadrapania;
- rany chirurgiczne;
- promieniowanie UV.

Zmiany chorobowe mogą pojawić się w dowolnym miejscu na ciele i trwać nieprzerwanie przez wiele lat, a nawet przez całe życie, jednak wyodrębniono lokalizacje, w których zmiany te występują bardzo często. Należą do nich takie części ciała jak: łokcie, kolana, kończyny górne i dolne, dłonie, stopy, tułów, owłosiona skóra głowy, okolica łędźwiowo-krzyżowa, fałdy skórne, paznokcie, uszy (Kaszuba et al., 2016; Rycroft et al., 2014).

Łuszczycyca jest nie tylko chorobą, przez którą cierpi ciało, ale również psychika. Objawy i samopoczucie tych osób chorych, mogą być porównywalne do depresji. Ludzie cierpiący na *Psoriasis* mają problemy w społeczeństwie i w pracy. Pacjenci doświadczają odrzucenia przez otoczenie, unikają ludzi i uprawiania sportu (Neneman et al., 2009). Osoby chore na łuszczycę bywają stygmatyzowane i unika się ich, ponieważ brak wiedzy o przyczynach, objawach i zaraźliwości tego schorzenia wywołuje przed chorymi strach. Powoduje to obniżenie nastroju i poczucia własnej wartości. U pacjentów młodych, rozwijających się, może to znacząco wpłynąć na życie emocjonalne, społeczne i intelektualne, pojawia się brak

motywacji. Problemy psychologiczne pacjenta oddziałują także na jego rodzinę (Armstrong and Read, 2020).

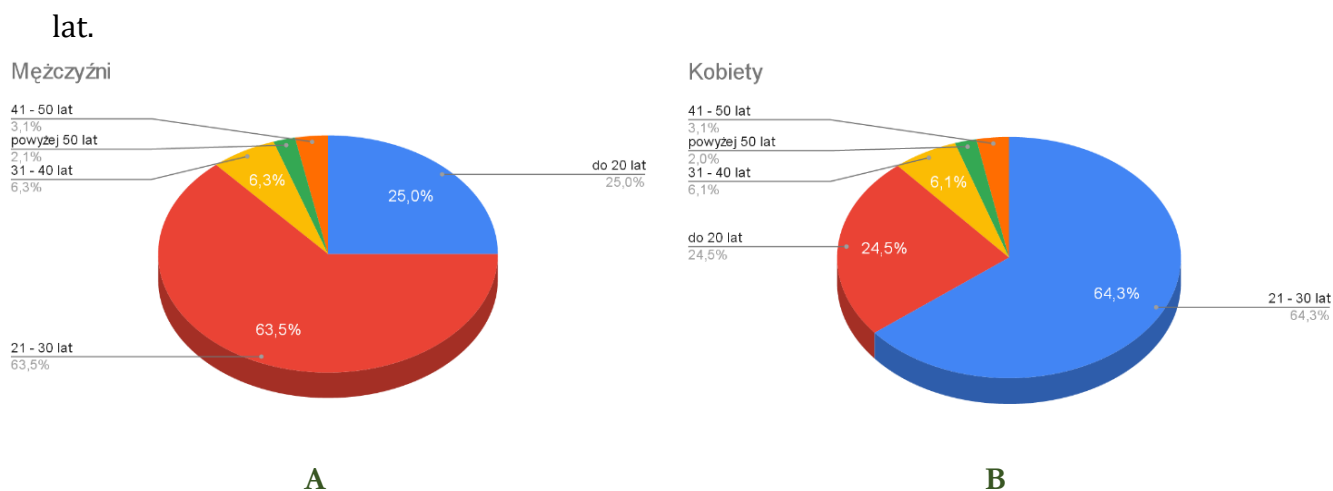
Celem przeprowadzonych badań była weryfikacja wiedzy kobiet i mężczyzn w różnym wieku (dobór losowy nieograniczony), wybranych z populacji do próby na temat łuszczycy. W celu uzyskania danych przeprowadzono badania ankietowe, a odpowiedzi zawarte w kwestionariuszach wykorzystano do testowania hipotez badawczych.

Materiały i metody badań

Materiał źródłowy. W badaniu wzięło udział stu respondentów, u których badano poziom wiedzy dotyczącej łuszczycy, jej objawów, oraz czynników wyzwalających objawy tej choroby. Żaden z ankietowanych nie wykazał, że chorował lub choruje na łuszczycę.

Wśród badanych było 28 mężczyzn (28 %) i 72 kobiety (72 %), w wieku od 17. do 65.

Analiza wiekowa respondentów wykazała, że 63,5 % ankietowanych mężczyzn było w wieku 21-30 lat, 25 % z nich miało poniżej 20. lat, 6,3 % było w przedziale wiekowym 31-40 lat, 3,1 % w przedziale 41-50 lat, a powyżej 50. lat było 2,1 % badanych (ryc. 1A). Wśród kobiet również najliczniejszą grupę stanowiły respondentki w wieku 21-30 lat (64,3%), poniżej 20. lat miało 24,5 % pań, w przedziale wiekowym 31-40 lat było 6,1 % z nich, w przedziale 41-50 lat 3,1 %, a najmniej liczną grupę (2 %) stanowiły kobiety w wieku powyżej 50. roku życia (ryc. 1B).



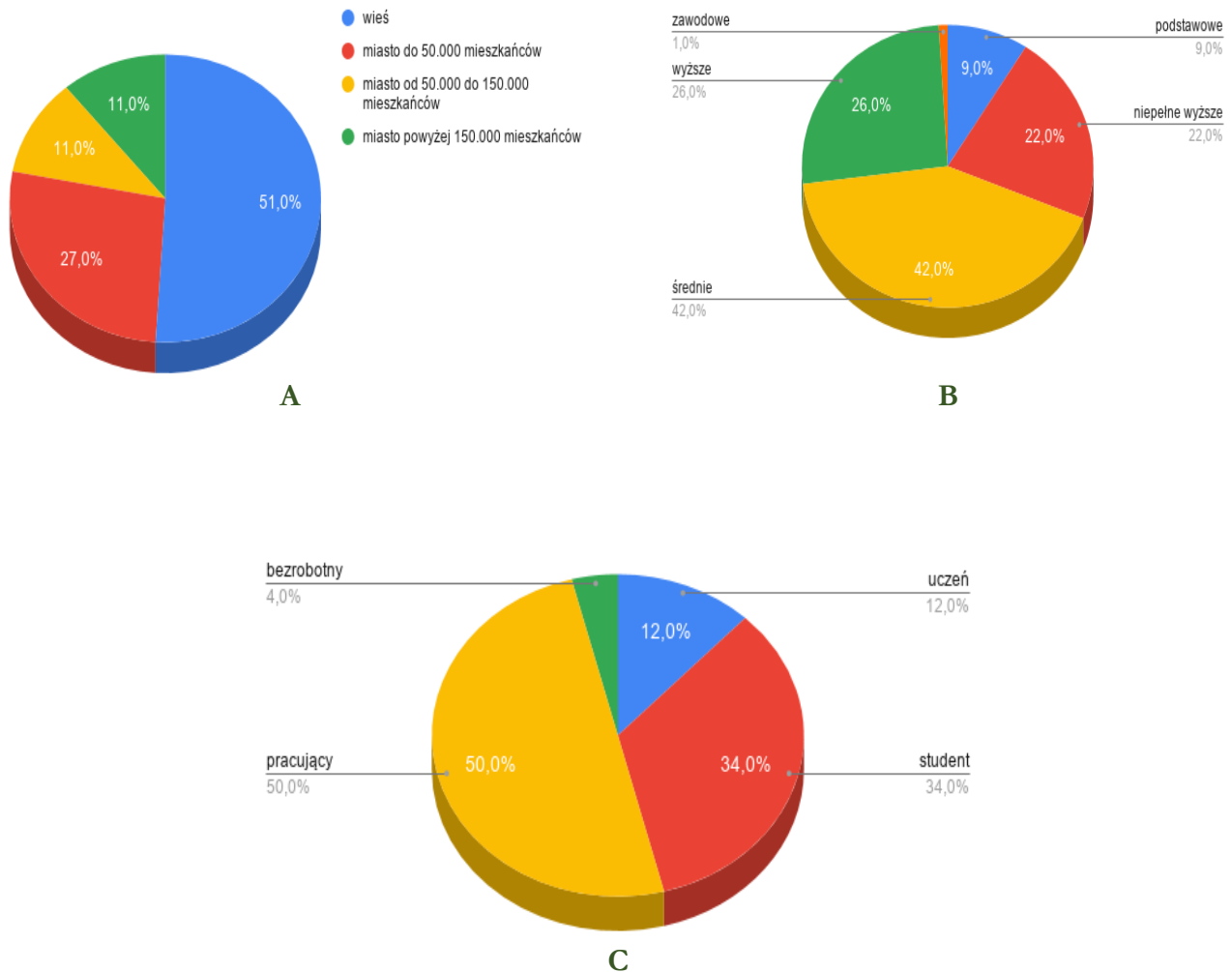
Ryc. 1. Procentowy udział mężczyzn (A) i kobiet (B) ze względu na przedział wiekowy

Ponad połowa ankietowanych (51 %) pochodziła ze wsi. Z miasta liczącego do 50000 mieszkańców pochodziło 27 % respondentów, a po 11 % z nich mieszkało w miastach liczących do 15000 i powyżej 15000 mieszkańców (ryc. 2A).

Najwięcej respondentów miało wykształcenie średnie (42 %), osoby z wykształceniem wyższym stanowiły 26 %, z niepełnym wyższym 22 %, z wykształceniem podstawowym 9 %, a z zawodowym tylko 1 % (ryc.2B). 50 % ankietowanych pracowało, 34 % z nich studiowało, 12 % uczyło się w różnych szkołach, a 4 % stanowiły osoby bezrobotne (ryc. 2C). Respondenci wraz z ankietą otrzymali informację o jej autorze, o celowości oraz anonimowości badania. Ankieta będąca narzędziem badawczym była opracowaniem własnym.

Metoda badawcza. W niniejszej pracy zastosowano metodę badania ankietowego, umożliwiającą uzyskanie od respondentów danych na temat wiedzy o łuszczycy. Narzędziem badawczym był anonimowy kwestionariusz ankiety. Badanie polegało na samodzielnym udzielaniu odpowiedzi na pytania ankietowe bez udziału badacza. Ankieta składała się z dziesięciu pytań, które zostały tak skonstruowane, aby motywować badane osoby do rzetelnego udzielania poszukiwanych informacji. Były to zarówno pytania metryczkowe, jak i dotyczące subiektywnych doświadczeń respondentów. Ankieta zawierała następujące pytania:

1) Czy kiedykolwiek słyszał/a Pan/i o łuszczycy?



Ryc. 2. Udział procentowy ankietowanych ze względu na miejsce zamieszkania (A), ze względu na wykształcenie (B) i sytuację zawodową (C)

2) W jakim wieku występują pierwsze objawy?

3) Czy łuszczycyca jest zaraźliwa?

4) Jaką chorobą jest łuszczycyca?

5) Jakie są objawy łuszczycy?

6) Jakie są objawy łuszczycy paznokci?

7) Jaki jest najczęstszy czynnik wywołujący objawy łuszczycy?

8) Czy łuszczycyca jest przeciwwskazaniem do zabiegów kosmetycznych?

9) Czy w łuszczycy występują okresy wyciszenia (remisji)?

10) Co to jest objaw Koebnera?

Odpowiedzi respondentów zostały przeanalizowane z uwzględnieniem płci i wieku. Dla każdego kwestionariusza ankiety obliczono udział procentowy poszczególnych odpowiedzi.

Ze względu na nominalną skalę pomiaru badanych parametrów scharakteryzowano je

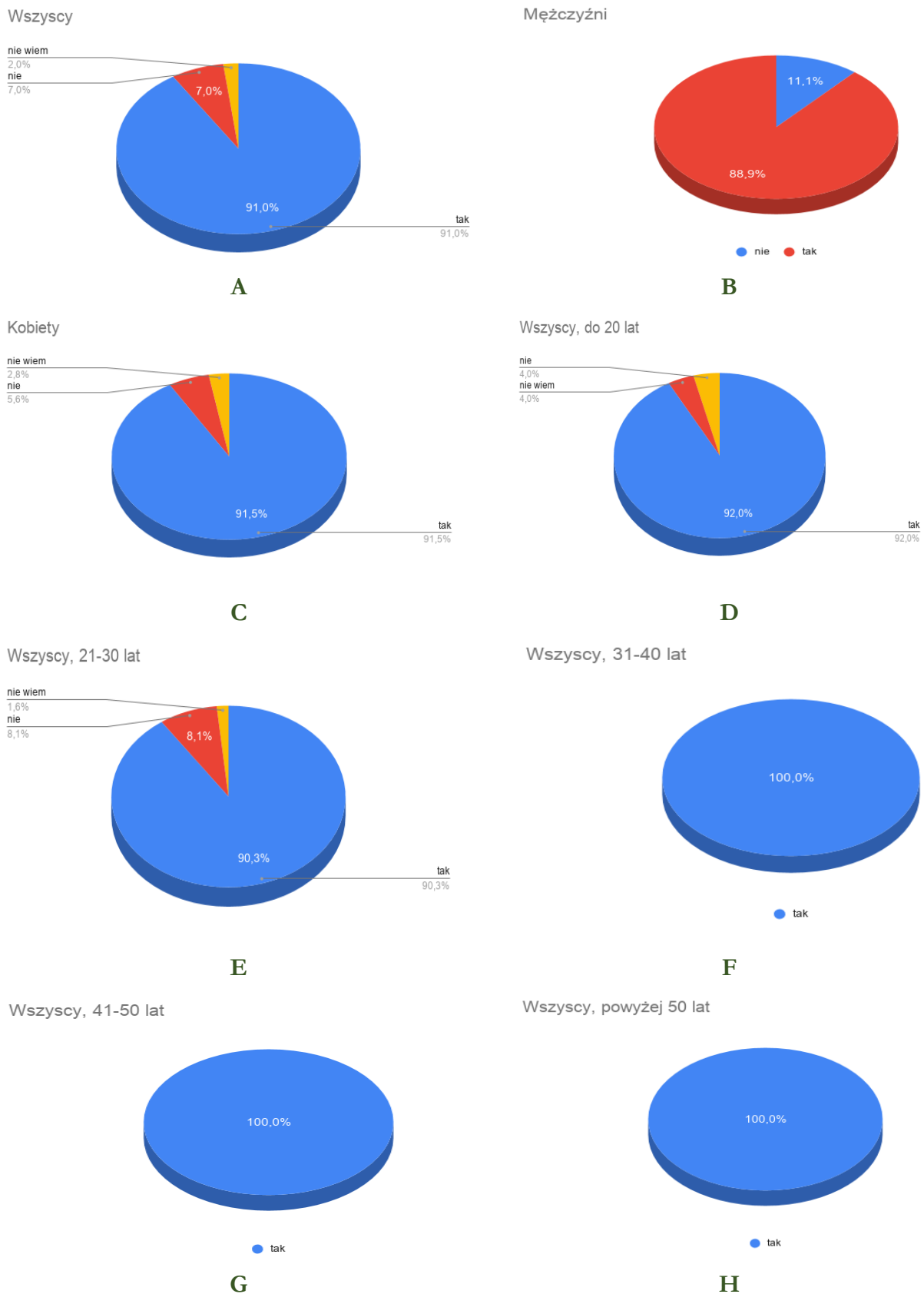
używając licznosci i procentów, które posłużyły do oceny struktury i częstości poszczególnych kategorii odpowiedzi na pytania zawarte w ankiecie.

Uzyskane wyniki poddano analizie opisowej. Zostały opracowane przy użyciu programu Microsoft Excel 2007, którym posłużono się również do wykonania rycin.

Na pytanie «Czy kiedykolwiek słyshał/a Pan/i o łuszczycy?» zdecydowana większość osób, (91 %) odpowiedziała twierdząco, 7 % respondentów nigdy nie słyshało o łuszczycy, a 2 % z nich nie wiedziało, czy słysheli o tym schorzeniu (ryc. 3A). Wśród mężczyzn 88,9 % udzieliło odpowiedzi twierdzącej, a 11,1 % przeczącej (ryc. 3B). Również przeważająca większość kobiet (91,5 %) słyshała o łuszczycy, 5,6 % pań udzieliło odpowiedzi przeczącej, a 2,8 % z nich nie potrafiło odpowiedzieć na pytanie czy słyshały o tej chorobie (ryc. 3C).

Wyniki badań oraz ich omówienie

Pytanie 1. Czy kiedykolwiek słyszał/a Pan/i o łuszczycy? (ryc. 3)



Ryc. 1. Udział procentowy odpowiedzi ankietowanych na pytanie: «Czy kiedykolwiek słyszał/a Pani o łuszczycy?», z uwzględnieniem płci oraz wieku

Notatka: «Wszyscy» – ogół ankietowanych bez podziału na płeć czy wiek

Analiza odpowiedzi ankietowanych z różnych grup wiekowych wykazała, że kobiety i mężczyźni do 20. roku życia w większości wiedzieli o istnieniu łuszczycy (łącznie 92 %), natomiast pozostali albo o tej chorobie nie słyszeli (4 %), albo nie wiedzieli, czy o niej słyszeli (4 %) (ryc. 3D). Wśród respondentów w wieku 21-30 lat 90,3 % osób udzieliło odpowiedzi twierdzącej, 8,1 % przeczącej, a 1,6 % pytanych nie wiedziało, czy kiedykolwiek słyszeli o łuszczycy (ryc. 3E). Wszystkie osoby powyżej 30. roku życia odpowiedziały, że słyszały o łuszczycy – w tej grupie wiekowej nie padła ani jedna odpowiedź: «nie» oraz «nie wiem» (ryc. 3F).

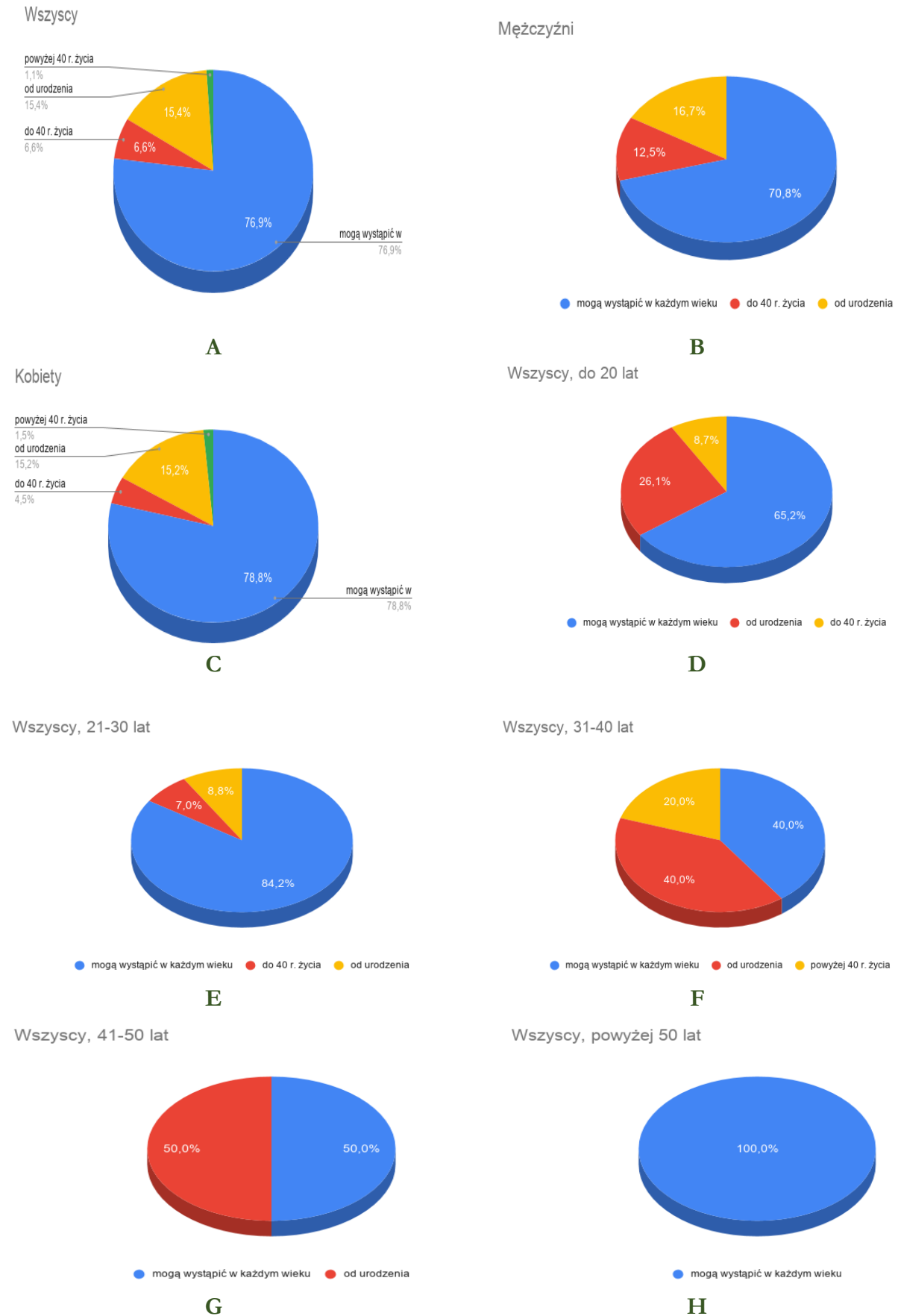
Analiza odpowiedzi na omawiane pytanie dała bardzo zadowalające wyniki, ponieważ wśród kobiet i mężczyzn w różnym wieku najwięcej ankietowanych odpowiedziało, że słyszało o łuszczycy, a wśród badanych w wieku powyżej 30. roku życia, bez względu na płeć, padały tylko odpowiedzi: «tak» (ryc. 3F-H). Fakt, że 90 % uczestników badania zgłosiło, że słyszało o tej chorobie, pokazuje, że łuszczycy jest dość powszechna w odbiorze społecznym.

W łącznej grupie kobiet i mężczyzn 76,9 % ankietowanych na pytanie «W jakim wieku występują pierwsze objawy?» odpowiedziało poprawnie – że łuszczycy może wystąpić w każdym wieku. 15,4 % badanych odpowiedziało, że choroba ta występuje od urodzenia, 6,6 % udzieliło odpowiedzi, że do 40. roku życia a 1,1 % – że powyżej 40. roku życia (ryc. 4A). Mężczyźni ze wszystkich grup wiekowych łącznie najliczniej odpowiedzieli poprawnie, mianowicie, że łuszczycy może wystąpić w każdym wieku (70,8 % odpowiedzi), że od urodzenia odpowiedziało 16,7 %, a 12,5 % z nich zaznaczyło odpowiedź, że do 40. roku życia, natomiast żaden z panów nie udzielił odpowiedzi, że choroba ta pojawia się po czterdziestce (ryc. 4B). Także kobiety ze wszystkich grup wiekowych łącznie najliczniej udzieliły poprawnych odpowiedzi, mianowicie, że objawy łuszczycy mogą wystąpić w każdym wieku (78,8 % odpowiedzi), że symptomy choroby występują od urodzenia odpowiedziało 15,2 % pań, że do 40. roku życia – 4,5 %, a 1,5 % kobiet zaznaczyło odpowiedź, że po czterdziestce (ryc. 4C).

Najmłodszy ankietowany, do 20. roku życia, w większości sądzili, że objawy łuszczycy mogą wystąpić w każdym wieku (65,2 % odpowiedzi), 26,1 % z nich odpowiedziało, że choroba ta występuje od urodzenia, a 8,7 % zaznaczyło odpowiedź, że pojawia się do 40. roku życia, natomiast nikt z tej grupy wiekowej nie odpowiedział, że po czterdziestce (ryc. 4D). W przypadku osób w wieku 21-30 lat odpowiedzi na pytania ankiety były bardziej zadowalające niż w przypadku osób najmłodszych, ponieważ 84,2 % respondentów odpowiedziało, że łuszczycy może wystąpić w każdym wieku, natomiast zdecydowanie mniej zaznaczyło odpowiedzi, że występuje od urodzenia i do 40. roku życia (odpowiednio: 8,8 % i 7 %). W tej grupie również nikt nie odpowiedział, że choroba pojawia się po czterdziestce (ryc. 4E). Mniej satysfakcjonujących odpowiedzi udzielili respondenci z grupy wiekowej 31-40 lat, bowiem 40 % z nich odpowiedziało, że łuszczycy może wystąpić w każdym wieku, także 40 % uznało, że występuje od urodzenia, a odpowiedź, że po czterdziestce zaznaczyło 20% respondentów. W porównaniu z ankietowanymi z przedziału wiekowego 21-30 lat liczba poprawnych odpowiedzi z przedziału 31-40 lat wyrażona w procentach była ponad dwukrotnie niższa, a ponadto wśród osób z tej grupy wiekowej po raz pierwszy padły odpowiedzi, że łuszczycy pojawia się po czterdziestce, co nie jest zgodne z prawdą (ryc. 4F). W grupie wiekowej 41-50 lat połowa ankietowanych (50 %) odpowiedziało, że łuszczycy może wystąpić w każdym wieku i również połowa (50 %), że od urodzenia (ryc. 4G). Wszyscy respondenci powyżej pięćdziesiątego roku życia udzielili tylko poprawnych odpowiedzi (ryc. 4H).

W podsumowaniu warto zauważyć, że u respondentów w przedziałach wiekowych 31-40 lat oraz 41-50 lat wiedza odnośnie wieku osób, u których występują objawy łuszczycy była bardzo mała, ponieważ sześć z dziesięciu osób nic na ten temat nie wiedziało. Wszyscy młodsi ankietowani udzielili poprawnych odpowiedzi w około 70-80 %, w zależności od płci i przedziału wiekowego. Najwięcej odpowiedzi poprawnych (100 %) uzyskano od ankietowanych po pięćdziesiątym roku życia (ryc. 4H).

Pytanie 2. W jakim wieku występują pierwsze objawy? (ryc. 4)



Ryc. 4. Udział procentowy odpowiedzi ankietowanych na pytanie: «W jakim wieku występują pierwsze objawy?», z uwzględnieniem płci oraz wieku

Notatka: «Wszyscy» – ogół ankietowanych bez podziału na płeć czy wiek

Na pytanie «Czy łuszczycyca jest zaraźliwa» 76,7 % ankietowanych mężczyzn i kobiet (łącznie) odpowiedziało, że nie, co było odpowiedzią poprawną. Była to najczęściej zaznaczana odpowiedź, co świadczy o tym, że większość ankietowanych, niezależnie od płci i wieku miała wiedzę na temat zakaźności łuszczycy. Odpowiedzi «nie wiem» udzieliło 14,4 % respondentów, natomiast pozostali (8,9 %) sądzili, że łuszczycą można się zarazić (ryc. 5A). Większość mężczyzn (70,8 %) odpowiedziała, że łuszczycyca nie jest chorobą zakaźną, 20,8 %, że nie ma wiedzy na ten temat, a 8,3 % uważało, że chorobą tą można się zarazić (ryc. 5B). Kobiety udzieliły procentowo więcej odpowiedzi poprawnych niż mężczyźni, ale jednocześnie wśród nich padło więcej odpowiedzi nieprawidłowych, mianowicie 78,5 % pań wiedziało, że łuszczycą nie można się zarazić, ale 12,3 % z nich odpowiedziało, że jest chorobą zakaźną, a 9,2 % kobiet przyznało, że nie ma wiedzy na ten temat (ryc. 5C). W grupie kobiet i mężczyzn (łącznie) do 20. roku życia tylko 50 % ankietowanych na omawiane pytanie odpowiedziało «nie», natomiast pozostałe osoby udzieliły odpowiedzi «tak» i «nie wiem» (odpowiednio 27,3 % i 22,7 %) (ryc. 5D). Wśród respondentów z przedziału wiekowego 21-30 lat 89,5 % osób wiedziało, że łuszczycą nie można się zarazić (był to najbardziej satysfakcjonujący wynik), 8,8 % nie miało na ten temat wiedzy, a 1,8 % udzieliło odpowiedzi błędnej (ryc. 5E). W łącznej grupie kobiet i mężczyzn w wieku 31-40 lat 80 % ankietowanych udzieliło odpowiedzi poprawnych, a pozostali (20 %) nie wiedzieli czy łuszczycyca jest chorobą zakaźną, natomiast nikt nie udzielił odpowiedzi błędnych (ryc. 5F). W grupie wiekowej 41-50 lat połowa respondentów odpowiedziała, że łuszczycyca nie jest chorobą zakaźną, a druga połowa uznała, że można się nią zarazić (po 50 % ankietowanych), natomiast nikt z tej grupy nie udzielił odpowiedzi «nie wiem» (ryc. 5G). Wszyscy ankietowani powyżej pięćdziesiątego roku życia zaznaczyli odpowiedź «nie wiem» (ryc. 5H).

Na podstawie analizy odpowiedzi na pytanie «Czy łuszczycyca jest zaraźliwa?» uzyskano zadowalające wyniki odnośnie wiedzy o zaraźliwości tej choroby u ankietowanych osób – w większości grup respondentów przeważały odpowiedzi, że łuszczycyca nie jest chorobą zakaźną. Kobiety i

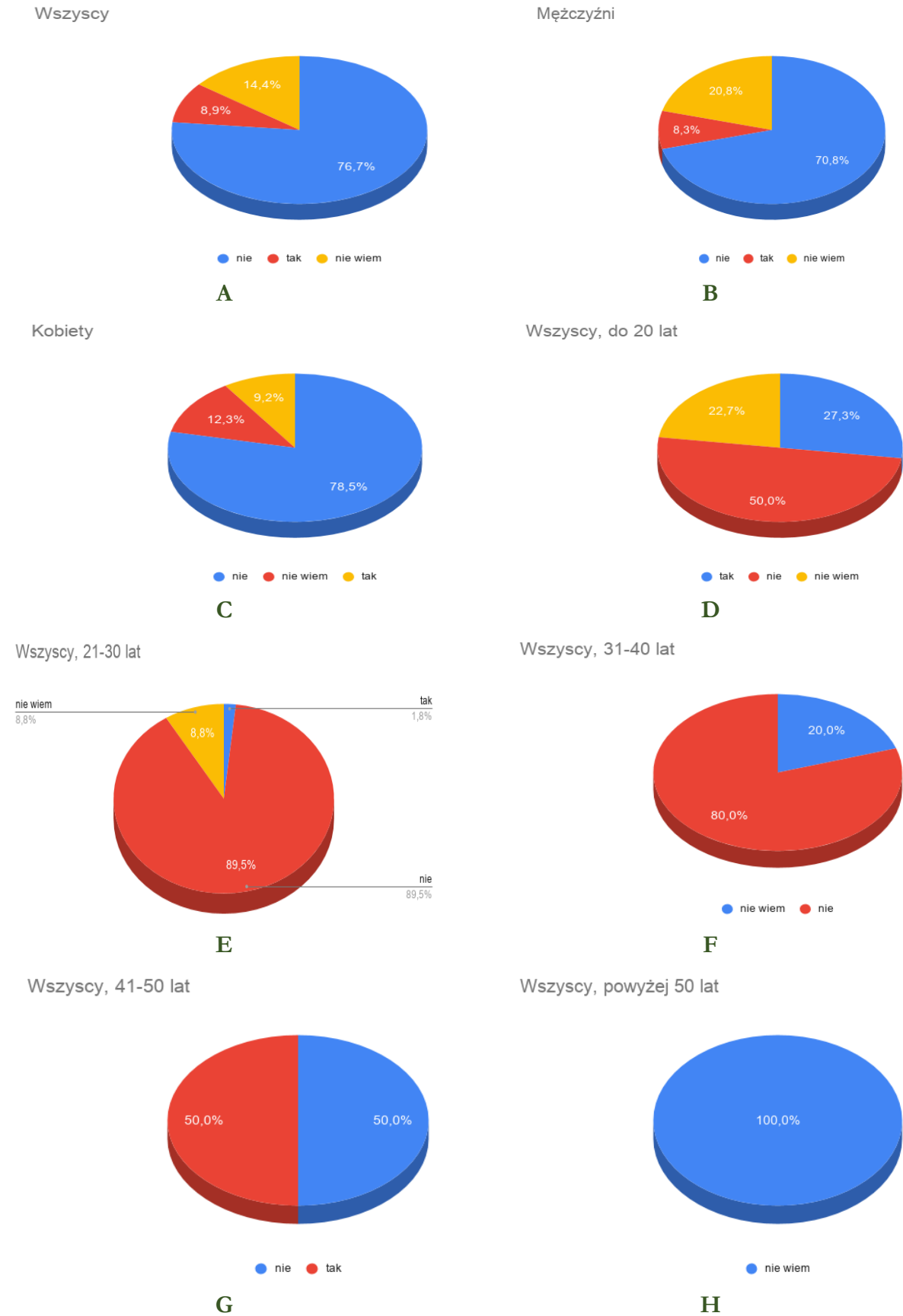
mężczyźni w wieku do 20. lat oraz 41-50 lat mieli wiedzę w 50 % (ryc. 5D, 5G), natomiast osoby powyżej pięćdziesiątego roku życia w 100 % nie znały odpowiedzi na to pytanie (ryc. 5H).

W pytaniu: «Jaką chorobą jest łuszczycyca?» do wyboru były następujące warianty odpowiedzi:

- «autoimmunologiczną»,
- «genetyczną»,
- «przewlekłą»,
- «wszystkie odpowiedzi są prawidłowe».

Za poprawny wybór przyjęto wariant: «wszystkie odpowiedzi są prawidłowe», ponieważ łuszczycyca jest chorobą zarówno autoimmunologiczną, genetyczną, jak i przewlekłą. 51,6 % spośród wszystkich respondentów odpowiedziało poprawnie, 19,8 % uznało, że łuszczycyca jest chorobą tylko autoimmunologiczną, 15,4 % że jest to choroba przewlekła, a 13,2 % – że genetyczna (ryc. 6A). Podobny wynik uzyskano w grupie mężczyzn – 50 % panów odpowiedziało, że łuszczycyca jest chorobą autoimmunologiczną, przewlekłą i genetyczną, 20,8 % – że jest to schorzenie o podłożu autoimmunologicznym, 16,7 % – że o podłożu genetycznym, a 12,5 % – że jest to choroba przewlekła (ryc. 6B). Kobiety udzieliły podobnych odpowiedzi, mianowicie 53 % z nich zaznaczyło, że wszystkie warianty odpowiedzi są prawidłowe, 19,7 % uznało, że łuszczycyca to przypadłość autoimmunologiczna, 16,7 % – że przewlekła, a 10,6 % – że genetyczna (ryc. 6C). Inaczej odpowiadały osoby z grupy wiekowej do 20. roku życia (wszyscy – kobiety i mężczyźni łącznie). Najwięcej młodych ludzi uznało, że łuszczycyca jest chorobą autoimmunologiczną (39,1 %), 26,1% z nich zaznaczyło wariant, że «wszystkie odpowiedzi są prawidłowe», 21,7 % uznało, że to choroba przewlekła, a 13 %, że genetyczna. Wyniki uzyskane od młodzieży wykazały, że większość młodych osób nie posiadała wiedzy o tym «Jaką chorobą jest łuszczycyca?» (ryc. 6D). W grupie wiekowej 21-30 lat poprawnych odpowiedzi udzieliło 57,9 % respondentów, co dało najbardziej satysfakcjonujący wynik. 15,8 % osób z tej grupy odpowiedziało, że łuszczycyca jest chorobą genetyczną, 14 % – że jest to przypadłość o podłożu autoimmunologicznym, a 12,3 % – że jest to choroba przewlekła (ryc. 6E).

Pytanie 3. Czy łuszczycyca jest zaraźliwa? (ryc. 5)

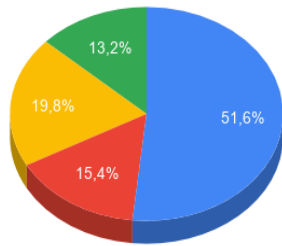


Ryc. 5. Udział procentowy odpowiedzi ankietowanych na pytanie: «Czy łuszczycyca jest zaraźliwa?», z uwzględnieniem płci oraz wieku

Notatka: «Wszyscy» – ogół ankietowanych bez podziału na płeć czy wiek

Pytanie 4. Jaką chorobą jest łuszczyca? (ryc. 6)

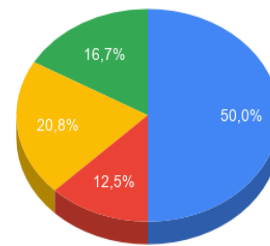
Wszyscy



● wszystkie odpowiedzi są prawidłowe ● przewlekłą ● autoimmunologiczną ● genetyczną

A

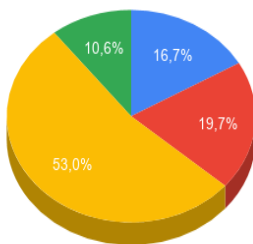
Mężczyźni



● wszystkie odpowiedzi są prawidłowe ● przewlekłą ● autoimmunologiczną ● genetyczną

B

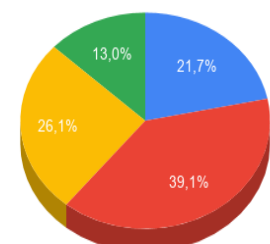
Kobiety



● przewlekłą ● autoimmunologiczną ● wszystkie odpowiedzi są prawidłowe ● genetyczną

C

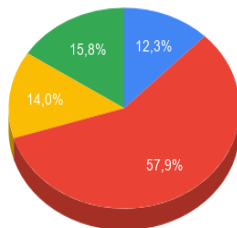
Wszyscy, do 20 lat



● przewlekłą ● autoimmunologiczną ● wszystkie odpowiedzi są prawidłowe ● genetyczną

D

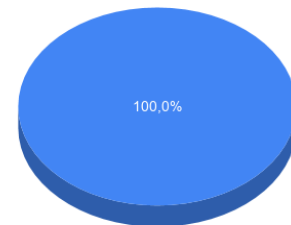
Wszyscy, 21-30 lat



● przewlekłą ● wszystkie odpowiedzi są prawidłowe ● autoimmunologiczną ● genetyczną

E

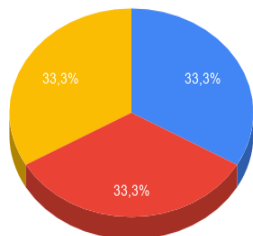
Wszyscy, 31-40 lat



● wszystkie odpowiedzi są prawidłowe

F

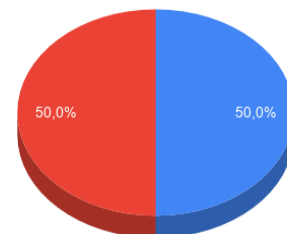
Wszyscy, 41-50 lat



● wszystkie odpowiedzi są prawidłowe ● autoimmunologiczną ● przewlekłą

G

Wszyscy, powyżej 50 lat



● wszystkie odpowiedzi są prawidłowe ● przewlekłą

H

Ryc. 6. Udział procentowy odpowiedzi ankietowanych na pytanie: «Jaką chorobą jest łuszczyca?», z uwzględnieniem płci oraz wieku

Notatka: «Wszyscy» – ogół ankietowanych bez podziału na płeć czy wiek

Ankietowani w przedziale wiekowym 31-40 lat w 100 % udzielili poprawnych odpowiedzi – wszyscy w tej grupie posiadali wiedzę, że łuszczyca jest jednocześnie chorobą autoimmunologiczną, genetyczną oraz przewlekłą (ryc. 6F). Kobiety i mężczyźni w wieku 41-50 lat zaznaczyli trzy warianty odpowiedzi na omawiane pytanie, mianowicie że jest ona przypadłością: «*autoimmunologiczną*», «*przewlekłą*», oraz że «*wszystkie odpowiedzi są prawidłowe*» (na każdy wariant przypadło po 33,3 % odpowiedzi). Nikt z tej grupy nie udzielił odpowiedzi, że łuszczyca to choroba genetyczna (ryc. 6G). W porównaniu z poprzednimi dwiema grupami, ilość poprawnych odpowiedzi w grupie 41-50 lat była stosunkowo niska, natomiast wyższa była w porównaniu z ilością prawidłowych odpowiedzi udzielonych przez młodzież do 20. roku życia (ryc. 6G). Ankietowani powyżej 50. roku życia w 50 % uznali wszystkie warianty odpowiedzi za prawidłowe, a pozostałe 50% z nich odpowiedziało, że łuszczyca to choroba przewlekła. Nikt w tej grupie nie zaznaczył wariantów, że łuszczyca jest chorobą dziedziczną i autoimmunologiczną (ryc. 6H). Wyniki uzyskane od osób po pięćdziesiątce procentowo były podobne do wyników uzyskanych od ogółu respondentów oraz od badanych podzielonych według płci.

Po dokonaniu analizy odpowiedzi uzyskanych na pytanie: «*Jaką chorobą jest łuszczyca?*» stwierdziliśmy, że oprócz grupy w przedziale wiekowym 31-40 lat, którzy w 100 % udzielili odpowiedzi poprawnych (ryc. 6F), u pozostałych ankietowanych poziom wiedzy był zdecydowanie niższy – prawidłowe warianty w różnych grupach zaznaczyło do 57,9 % respondentów, a najniższy odsetek odpowiedzi prawidłowych uzyskano od najmłodszych ankietowanych, do 20. roku życia (ryc. 6G).

Poprawna odpowiedź na zadane w ankiecie pytanie to: «*czerwonobrunatne, owalne, płaskowyniosłe grudki, pokryte srebrzystoszarą łuską, pieczenie, świąd, ból*» i takiej odpowiedzi udzieliło 27,5 % respondentów. Najwięcej ankietowanych na omawiane pytanie (45,1 %) odpowiedziało, że jest to «*zaczerwienienie, suchość skóry, zakażenia bakteryjne, rumień, grudki, pęcherzyki, łuszczący się naskórek*». Są to jednak symptomy atopowego zapalenia skóry. 25,3 % ankietowanych zaznaczyło, że są to «*okrągłe lub owalne łuszczące się zmiany, czerwone, nasilone zmiany na obwodzie wykwitu,*

świąd» (objawy grzybicy skóry). Najmniej osób (2,2 %) odpowiedziało, że symptomami łuszczycy są «*zaczerwienienie, obrzęk skóry, grudki, pęcherzyki, z których sączy się płyn*» (egzema) (ryc. 7A). Wśród mężczyzn również najwięcej odpowiedzi (58,3 %) było nieprawidłowych, odnoszących się do atopowego zapalenia skóry (AZS). Odpowiedź prawidłową zaznaczyło 16,7 % panów i również 16,7 % z nich zaznaczyło objawy grzybicy skóry. Najmniej (8,3 %) respondentów wśród płci męskiej wybrało odpowiedź prawidłową (ryc. 7B). Również najwięcej kobiet (39,4 %) wybrało odpowiedź nieprawidłową, wskazującą objawy AZS. Poprawnie odpowiedziało 31,8 % pań, a 28,8 % zaznaczyło symptomy grzybicy, natomiast żadna z ankietowanych kobiet nie wybrała objawów egzemy (ryc. 7C). Wśród młodzieży do 20. roku życia najwięcej osób (43,5 %) za objawy łuszczycy uważało «*zaczerwienienie, suchość skóry, zakażenia bakteryjne, rumień, grudki, pęcherzyki, łuszczący się naskórek*» (są to objawy atopii – AZS), 26,1 % z tej grupy za objawy uznało grzybicę, a 4,3 % wybrało symptomy wyprysku kontaktowego, czyli egzemy (zaczerwienienie, obrzęk skóry, grudki, pęcherzyki, z których sączy się płyn). Natomiast odpowiedzi poprawnych udzieliło tylko 26,1 % najmłodszych ankietowanych (ryc. 7D). Odpowiedzi ankietowanych z przedziału wiekowego 21-30 lat różniły się nieznacznie od poprzednich. Najwięcej odpowiedzi wskazywało na AZS (43,9 %), 28,1 % osób odpowiedziało poprawnie, 26,3 % zaznaczyło objawy grzybicy, a pozostali (1,8 %) – objawy egzemy (ryc. 7E). Respondenci w wieku 31-40 lat również w większości (60 % ankietowanych) wybrali objawy atopii zamiast łuszczycy. Pozostałe odpowiedzi wskazywały na symptomy łuszczycy oraz grzybicy (po 20 % odpowiedzi) (ryc. 7F). Ankietowani w wieku 41-50 lat wykazali się największą wiedzą, ponieważ 66,7 % osób z tej grupy zaznaczyło odpowiedź poprawnie, 33,3 % z nich pomyliło łuszczycę z atopowym zapaleniem skóry, natomiast nikt nie zaznaczył innych odpowiedzi, co dało najlepszy wynik w skali całej ankiety (ryc. 7G). Ankietowani po pięćdziesiątce wybrali symptomy AZS oraz grzybicy (po 50 % dla każdego wariantu). Nikt w tej grupie nie udzielił poprawnej odpowiedzi, co dało najgorszy wynik wśród wszystkich respondentów i co mocno kontrastuje z odpowiedziami osób z przedziału 41-50 lat (ryc. 7H).

Pytanie 5. Jakie są objawy łuszczycy? (ryc. 7)



Ryc. 7. Udział procentowy odpowiedzi ankietowanych na pytanie: «Jakie są objawy łuszczycy?», z uwzględnieniem płci oraz wieku

Notatka: «Wszyscy» – ogół ankietowanych bez podziału na płeć czy wiek

Pytanie dotyczące objawów łuszczycy ukazało znaczący brak wiedzy na ten temat wśród ankietowanych, ponieważ z wyjątkiem osób z grupy wiekowej 41-50 lat pozostali respondenci z innych grup nie udzielili największej ilości poprawnych odpowiedzi – najwięcej osób zaznaczyło symptomy atopowego zapalenia skóry (45,1 %), a tylko 27,5 % objawy łuszczycy (ryc. 7).

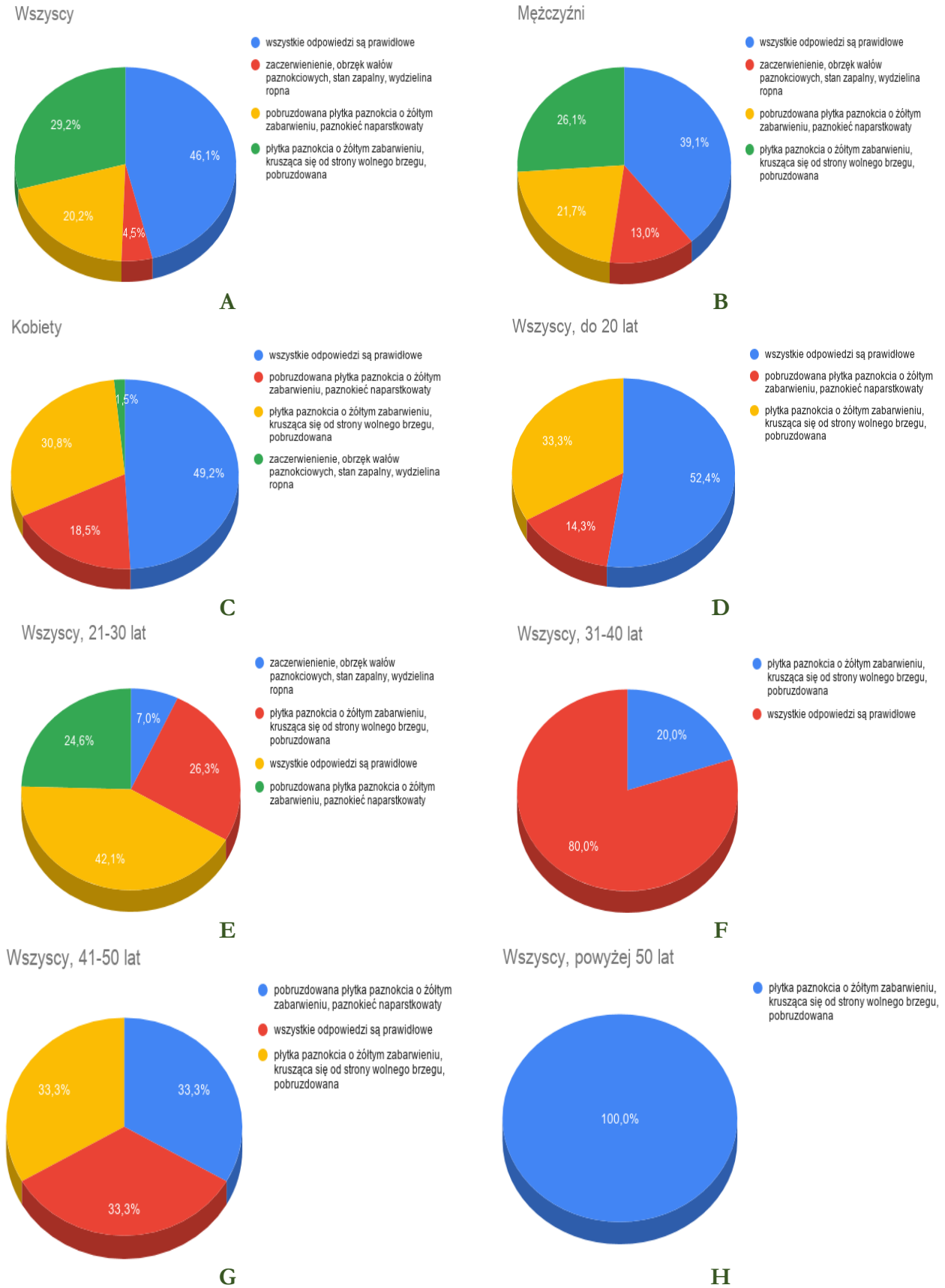
Spośród wszystkich ankietowanych najwięcej osób (46,1 %) zaznaczyło odpowiedź, że wszystkie warianty są prawidłowe – tzn. *«zaczerwienienie, obrzęk wałów paznokciowych, stan zapalny, wydzielina ropna»* (objawy zanokcicy), *«pobruzdowana płytką paznokcia o żółtym zabarwieniu, paznokieć naporstkowaty»* (łuszczycy paznokci) oraz *«płytką paznokcia o żółtym zabarwieniu, krusząca się od strony wolnego brzegu, pobruzdowana»* (grzybica paznokci), 29,2 % ankietowanych z tej grupy wybrało symptomy grzybicy, 20,2 % odpowiedziało poprawnie (pobruzdowana płytką paznokcia o żółtym zabarwieniu, paznokieć naporstkowaty), a 4,5 % zaznaczyło objawy zanokcicy (ryc. 8A). Wśród mężczyzn sytuacja wyglądała podobnie, mianowicie najwięcej spośród nich (39,1 %) zaznaczyło odpowiedź, że wszystkie warianty są prawidłowe, a pozostali wybrali także objawy grzybicy, łuszczycy i zanokcicy (odpowiednio: 26,1 %, 21,7 % oraz 13 % odpowiedzi) (ryc. 8B). Kobiety odpowiadały podobnie jak mężczyźni – najczęściej wybierały wariant, że *«wszystkie odpowiedzi są prawidłowe»* (49,2 %), objawy grzybicy wybrało 30,8 % pań, łuszczycy 18,5 %, a zanokcicy 1,5 % (ryc. 8C). W najmłodszej grupie ankietowanych, do 20. roku życia, najwięcej odpowiedzi (52,4 %) przypadło na wariant *«wszystkie odpowiedzi są prawidłowe»*, 33,3 % młodych osób pomyliło łuszczycę z grzybicą, a jedynie 14,3 % z nich odpowiedziało poprawnie, natomiast nikt z tej grupy nie zaznaczył objawów zanokcicy (ryc. 8D). W grupie wiekowej 21-30 lat 42,1 % respon-

dentów odpowiedziało, że wszystkie opcje są prawidłowe, 26,3 % osób z tej grupy sądziło, że symptomem łuszczycy jest żółte zabarwienie płytki paznokcia, kruszenie się płytki od strony wolnego brzegu oraz pobruzdowanie (objawy grzybicy), 24,6 % udzieliło poprawnej odpowiedzi, a 7 % zaznaczyło objawy zanokcicy (ryc. 8E). W grupie wiekowej 31-40 lat 80 % ankietowanych jako prawidłowe zaznaczyło wszystkie opcje, natomiast pozostali (20 %) wybrali grzybicę paznokci. W grupie tej nikt nie zaznaczył symptomów łuszczycy ani zanokcicy. Był to najgorszy wynik ankiety, ponieważ nikt nie zaznaczył poprawnej odpowiedzi (ryc. 8F).

Ankietowani z przedziału wiekowego 41-50 lat zaznaczyli objawy łuszczycy, grzybicy oraz wariant *«wszystkie odpowiedzi są prawidłowe»* (po 33,3 % odpowiedzi na każdą z opcji). Nikt z tej grupy nie zaznaczył symptomów zanokcicy. Był to najbardziej zadowolający wynik ankiety, pomimo iż poprawnie odpowiedziało tylko 33,3 % osób z tej grupy (ryc. 8G). Wszyscy respondenci po pięćdziesiątce udzielili błędnych odpowiedzi, ponieważ wybrali objawy grzybicy (ryc. 8H).

Odpowiedzi na pytanie *«Jakie są objawy łuszczycy paznokci?»*, zaznaczone przez osoby biorące udział w ankiecie, wykazały, znaczący brak wiedzy u respondentów na temat łuszczycy paznokci. W żadnej z badanych grup nie przeważały odpowiedzi prawidłowe odnośnie łuszczycy paznokci, zazwyczaj ilościowo sytuowały się na miejscu trzecim w różnych grupach. Spośród osób z przedziału wiekowego 31-40 lat oraz spośród osób po pięćdziesiątce w odpowiedzi na omawiane pytanie nikt nie wybrał wariantu – objawy łuszczycy (ryc. 8F, 8H). Najlepszy wynik uzyskali ankietowani z przedziału wiekowego 41-50 lat, spośród których 33,3 % osób wybrało odpowiedź poprawną, ale jednocześnie taka sama ilość osób z tego przedziału wybrała odpowiedzi błędne (ryc. 8G).

Pytanie 6. Jakie są objawy łuszczycy paznokci? (ryc. 8)



Ryc. 8. Udział procentowy odpowiedzi ankietowanych na pytanie: «Jakie są objawy łuszczycy paznokci?», z uwzględnieniem płci oraz wieku.

Notatka: «Wszyscy» – ogół ankietowanych bez podziału na płeć czy wiek.

Na pytanie: «*Jaki jest najczęstszy czynnik wyzwalający objawy łuszczycy?*» można było udzielić następujących odpowiedzi: «*leki*», «*zła dieta*», «*używki*», «*czynniki atmosferyczne*», «*stres*», «*uszkodzenia skóry*» oraz «*infekcje*». Wśród wszystkich ankietowanych najczęściej (30 %) osób zaznaczyło odpowiedź «*stres*», co było wyborem poprawnym, ponieważ wśród wielu czynników wyzwalających objawy łuszczycy, stres jest najczęstszym z nich. Nie oznacza to jednak, że gdy ktoś zaznaczył inną odpowiedź, to popełnił błąd. 28,9 % badanych zaznaczyło infekcje, 18,9 % – uszkodzenia skóry, 10 % – złą dietę, 5,6 % – leki, a po 3,3 % osób wybrało używki i czynniki atmosferyczne (ryc. 9A, Tabela 2).

Mężczyźni ze wszystkich przedziałów wiekowych łącznie jako czynnik wyzwalający objawy łuszczycy w większości zaznaczyli infekcje (41,7 %), na drugim miejscu wśród ich odpowiedzi znalazł się stres (20,8 %), a następnie uszkodzenia skóry (12,5 %), używki i czynniki atmosferyczne (po 8,3 %) oraz zła dieta i leki (po 4,2 %) (ryc. 9B). Wśród kobiet ze wszystkich przedziałów wiekowych łącznie stres znalazł się na pierwszym miejscu wśród czynników wyzwalających objawy łuszczycy – wariant ten zaznaczyło 33,8 % pań. 23,1 % kobiet zaznaczyło infekcje, 21,5 % – uszkodzenia skóry, 12,3 % – złą dietę, 6,2 % – leki, 1,6 % – czynniki atmosferyczne, a 1,5 % – używki (ryc. 9C). Odpowiedzi kobiet i mężczyzn na omawiane pytanie znacznie się różniły.

Wśród mężczyzn używki znalazły się na czwartym miejscu ze względu na ilość zaznaczeń, natomiast wśród kobiet wariant ten znalazł się na miejscu ostatnim – siódmym, gdyż zaznaczyło go najmniej pań. Czynniki atmosferyczne na podstawie wyboru mężczyzn znalazły się na miejscu trzecim, natomiast na podstawie wyboru kobiet – na miejscu szóstym. Zła dieta i leki na podstawie wyboru panów uplasowały się na miejscu szóstym (wariant ten zaznaczyło najmniej panów), natomiast na podstawie wyboru pań zła dieta zajęła miejsce czwarte, a leki miejsce piąte (Tabela 2).

Wśród młodzieży do 20. roku życia 40,9 % młodych ludzi jako czynnik wyzwalający łuszczycę zaznaczyło infekcje, 22,7 % z nich zaznaczyło uszkodzenia skóry, 18,2 % stres, 9,1 % złą dietę oraz po 4,5 % leki i używki. Nikt z tej grupy nie wybrał odpowiedzi «*czynniki atmosferyczne*» (ryc. 9D). Wśród respondentów w wieku 21-30 lat 33,3 % osób jako czynnik wyzwalający łuszczycę wybrało stres, 26,3 % z nich wybrało infekcje, 17,5 % uszkodzenia skóry, 8,8 % złą dietę, a 7 % leki. Natomiast czynniki atmosferyczne i używki zaznaczyło najmniej osób (po 3,5 %) (ryc. 9E). Odpowiedzi ankietowanych do dwudziestego roku życia oraz z przedziału wiekowego 21-30 lat bardzo różniły się między sobą. Podobne procentowo były tylko wybory wariantów «*zła dieta*» (wszyscy do 20.r.ż – 9,1 %; wszyscy 21-30 lat – 8,8 %) oraz «*leki*» (wszyscy do 20.r.ż. -4,5 %; wszyscy 21-30 lat – 7 %) (Tabele 2 i 3).

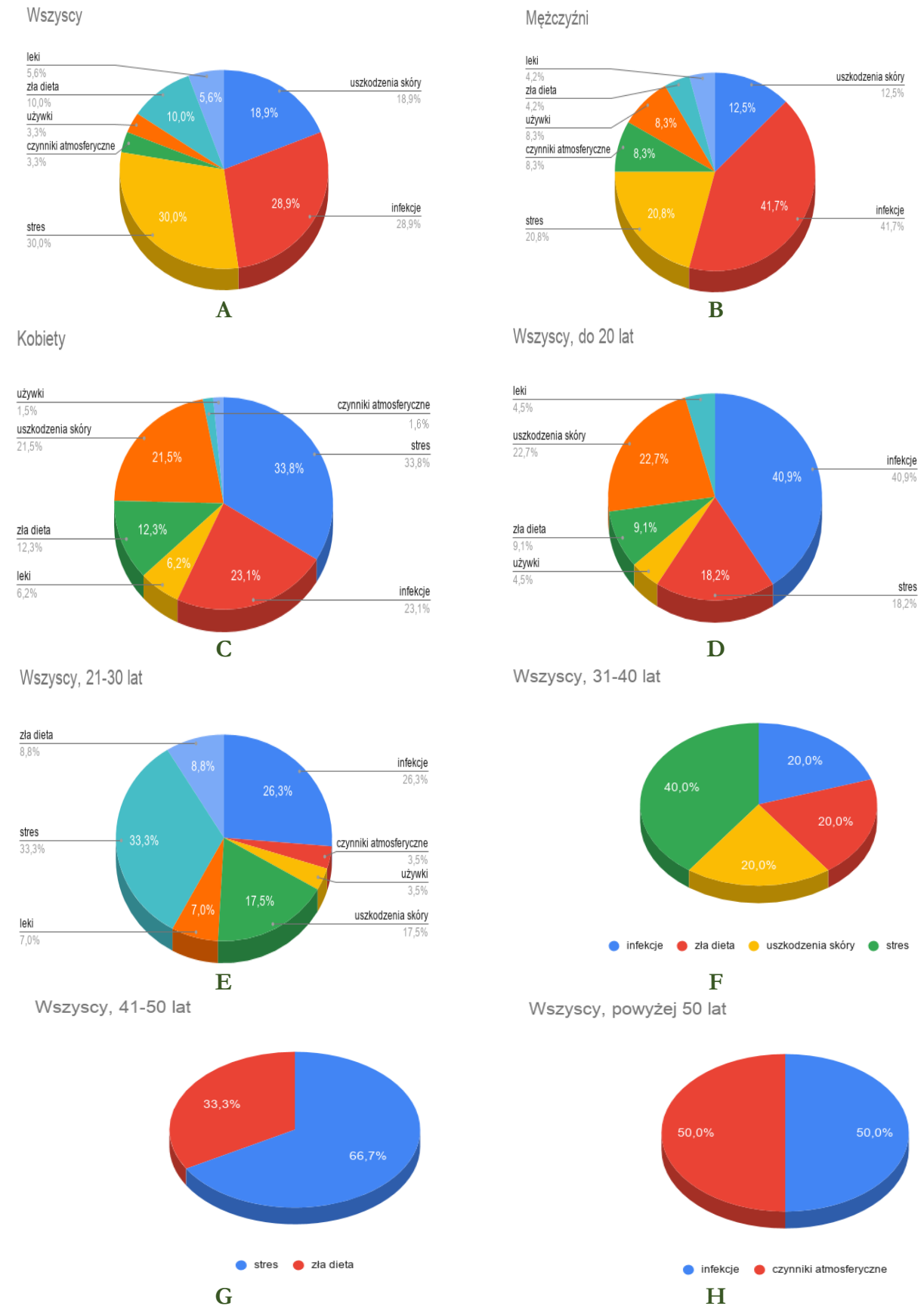
Tabela 2

Liczba porządkowa odpowiedzi według ilości ich udzielania

Czynniki	Liczba porządkowa odpowiedzi wg ilości ich udzielania*							
	wszyscy	mężczyźni	kobiety	wszyscy, do 20 lat	wszyscy, 21-30 lat	wszyscy, 31-40 lat	wszyscy, 41-50 lat	wszyscy, powyżej 50 lat
leki	5	5	5	5	5	-	-	-
zła dieta	4	5	4	4	4	2	2	-
używki	6	4	7	5	6	-	-	-
czynniki atmosferyczne	6	4	6	-	6	-	-	1
stres	1	2	1	3	1	1	1	-
uszkodzenia skóry	3	3	3	2	3	2	-	-
infekcje	2	1	2	1	2	2	-	1

Notatka: *– liczba 1 oznacza, że udział procentowy danego wariantu odpowiedzi był najwyższy, a liczba 7 – że udział procentowy danego wariantu był najniższy. Pozostałe liczby oznaczają udziały pośrednie

Pytanie 7. Jaki jest najczęstszy czynnik wyzwalający objawy łuszczycy? (ryc. 9)



Ryc. 9. Udział procentowy ankietowanych w odpowiedzi na pytanie: «Jaki jest najczęstszy czynnik wyzwalający objawy łuszczycy?», z uwzględnieniem płci oraz wieku

Notatka: «Wszyscy» – ogół ankietowanych bez podziału na płeć czy wiek

Tabela 3

Procentowy udział poszczególnych wariantów odpowiedzi na pytanie «Jaki jest najczęstszy czynnik wyzwalający objawy łuszczycy?», wybranych przez osoby ankietowane

Czynniki	Procentowe ilości udzielanych odpowiedzi							
	wszyscy	mężczyźni	kobiety	wszyscy, do 20 lat	wszyscy, 21-30 lat	wszyscy, 31-40 lat	wszyscy, 41-50 lat	wszyscy, powyżej 50 lat
leki	5,6	4,2	6,2	4,5	7	-	-	-
zła dieta	10	4,2	12,3	9,1	8,8	20	33,3	-
używki	3,3	8,3	1,5	4,5	3,5	-	-	-
czynniki atmosferyczne	3,3	8,3	1,6	-	3,5	-	-	50
stres	30	20,8	33,8	18,2	33,3	40	66,7	-
uszkodzenia skóry	18,9	12,5	21,5	22,7	17,5	20	-	-
infekcje	28,9	41,7	23,1	40,9	26,3	20	-	50

W grupie wiekowej 31-40 lat ankietowani zaznaczyli tylko cztery warianty odpowiedzi – «stres» (40 %) oraz «infekcje», «zła dieta» i «uszkodzenia skóry» (po 20 % każdy wariant). Nikt w tej grupie nie wybrał wariantów «leki», «używki» oraz «czynniki atmosferyczne» (ryc. 9F). Tylko dwie opcje wybrali ankietowani z przedziału wiekowego 41-50 lat – 66,5 z nich odpowiedziało, że najczęstszym czynnikiem wyzwalającym łuszczycę jest stres, a 33,3 % za czynnik wyzwalający uznało złą dietę. Innych odpowiedzi w tej grupie nie udzielono (ryc. 9G). Respondenci po pięćdziesiątce również wybrali tylko dwa warianty odpowiedzi – «infekcje» oraz «czynniki atmosferyczne» (po 50 % badanych na każdy z wariantów) (ryc. 9H).

Odpowiedzi na pytanie dotyczące najczęstszego czynnika wyzwalającego łuszczycę ukazały, że wśród respondentów, wyniki były bardzo zróżnicowane pod względem ilości udzielanych odpowiedzi, zarówno biorąc pod uwagę procent badanych w danej grupie, jak i liczbę porządkową przypisaną danemu wariantowi (w kolejności od najczęściej udzielanej odpowiedzi). Ukazują to odpowiednio: Tabela 2 i Tabela 3.

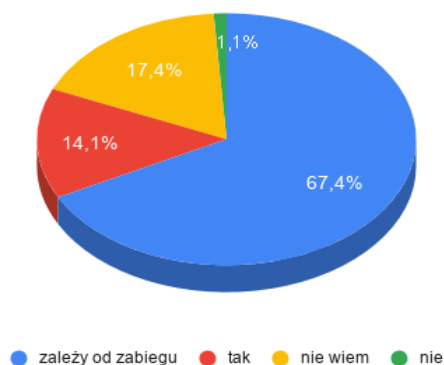
Na pytanie: «Czy łuszczycy jest przeciwwskazaniem do zabiegów kosmetycznych?» poprawnie, że zależnie od zabiegu odpowiedziało 67,4 % ankietowanych, 17,4 % z nich udzieliło odpowiedzi «nie wiem», 14,1 % uznało, że choroba ta jest przeciwwskazaniem do zabiegów kosmetycznych, a tylko 1,1 % recenzentów uważało, że łuszczycy przeciwwskazania nie stanowi (ryc. 10A). 60 % mężczyzn na zadane pytanie odpowiedziało, że zależnie od tego jaki zabieg ma zostać wykonany, 32 % panów odpowiedziało, że nie ma wiedzy na ten temat, a po 4 % z nich udzieliło odpowiedzi «tak» oraz «nie» (ryc. 10B). 70,1 % kobiet na omawiane pytanie odpowiedziało, że w zależności od rodzaju planowanego zabiegu, 17,9 % pań uważało, że łuszczycy jest przeciwwskazaniem, a 11,9 % z nich nie miało na ten temat wiedzy. Żadna z ankietowanych kobiet nie zaznaczyła odpowiedzi «nie» (ryc. 10C). W grupie wiekowej do 20. roku życia 75 % młodych osób odpowiedziało poprawnie, 16,7 % z nich nie miało na ten temat wiedzy, a 8,3 % uznało, że łuszczycy jest przeciwwskazaniem do zabiegów kosmetycznych. W tej grupie respondentów nikt nie zaznaczył odpowiedzi «nie» (ryc. 10D).

W przedziale wiekowym 21-30 lat 63,2 % ankietowanych odpowiedziało, że to, czy łuszczyca jest przeciwwskazaniem, zależy od rodzaju zabiegu, 19,3 % z nich nie miało na ten temat wiedzy, 15,8 % uważało, że jest przeciwwskazaniem, a pozostali – 1,8 % zaznaczyli odpowiedź «nie» (ryc. 10E). Respondenci z grupy 31-40 lat w większości odpowiedzieli poprawnie (66,7 poprawnych odpowiedzi), a pozostali zaznaczyli odpowiedzi: «tak» oraz «nie wiem» (po 16,7 % na każdą odpowiedź). W grupie tej nikt nie udzielił odpowiedzi: «nie» (ryc. 10F). Wszyscy ankietowani z grupy 41-50 lat odpowiedzieli poprawnie – że zależy od rodzaju zabiegu, czy łuszczyca stanowi przeciwwskazanie do jego wykonania (ryc. 10G). Respondenci po pięćdziesiątce udzielili tylko dwóch wariantów odpowiedzi – «zależy od zabiegu» oraz «tak» (po 50 % odpowiedzi na każdą opcję) (ryc. 10H).

Na pytanie «Czy łuszczyca jest przeciwwskazaniem do zabiegów kosmetycznych?» większość ankietowanych z poszczególnych grup udzieliła odpowiedzi poprawnych. Tylko w grupie osób po pięćdziesiątce poprawne odpowiedzi nie przeważały, ale i tak było ich zadowalająco dużo, bo 50 %, a pozostałe 50 % dotyczyło tylko jednego innego wariantu (ryc. 10H). W przedziale wiekowym 41-50 lat badani zaznaczyli tylko odpowiedzi poprawne, natomiast w pozostałych grupach 60-75 % stanowiły odpowiedzi «zależy od zabiegu» co dało całkiem zadowalający wynik (ryc. 10G). Poza tym w niektórych grupach nikt nie zaznaczył odpowiedzi, że łuszczyca nie jest przeciwwskazaniem do wykonania zabiegu kosmetycznego (ryc. 10).

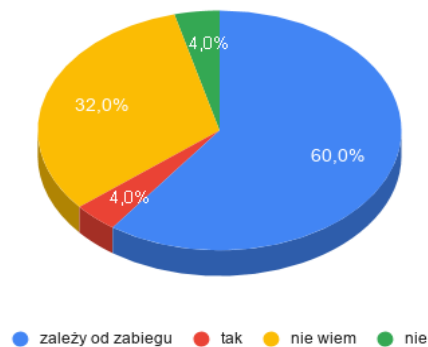
Pytanie 8. Czy łuszczyca jest przeciwwskazaniem do zabiegów kosmetycznych? (ryc. 10)

Wszyscy



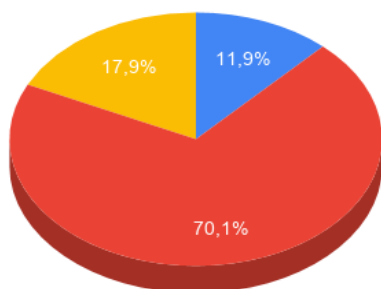
A

Mężczyźni



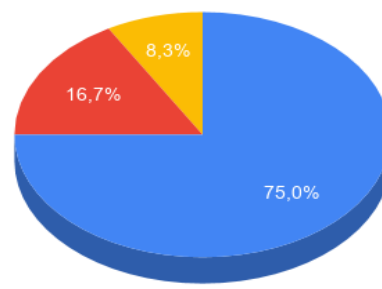
B

Kobiety



C

Wszyscy, do 20 lat



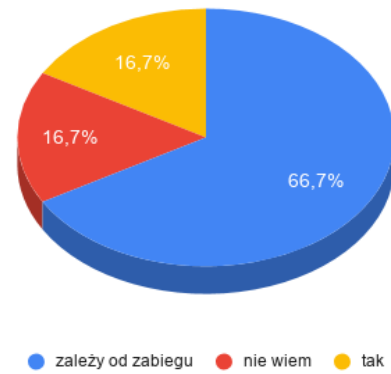
D

Wszyscy, 21-30 lat



E

Wszyscy, 31-40 lat



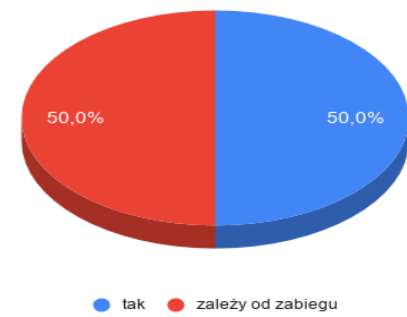
F

Wszyscy, 41-50 lat



G

Wszyscy, powyżej 50 lat



H

Ryc. 10. Udział procentowy odpowiedzi ankietowanych na pytanie: «Czy łuszczyca jest przeciwwskazaniem do zabiegów kosmetycznych?», z uwzględnieniem płci oraz wieku

Notatka: «Wszyscy» – ogół ankietowanych bez podziału na płeć czy wiek

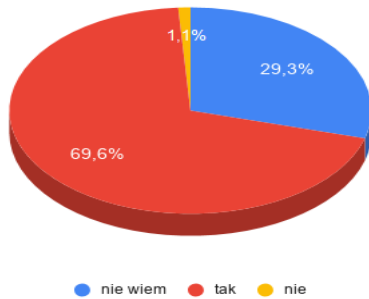
Odpowiedzi ankietowanych na pytanie «Czy w łuszczyce występują okresy wyciszenia?» w przeważającej części były poprawne – 69,6 % spośród wszystkich respondentów zaznaczyło odpowiedź poprawną, to znaczy potwierdzili, iż w tej chorobie remisje występują, 29,3 % ankietowanych nie posiadało na ten temat wiedzy, a tylko 1,1 % z nich uważało, że remisje nie występują (ryc. 11A). 52 % ankietowanych mężczyzn udzieliło odpowiedzi poprawnych, a 48 % z nich odpowiedzi na to pytanie nie znało. Żaden z panów nie udzielił odpowiedzi: «nie» (ryc. 11B). Także większość kobiet (76,1 %) odpowiedziała poprawnie, 22,4 % pań nie miało wiedzy na ten temat, a 1,5 % z nich zaznaczyło odpowiedzi błędne (ryc. 11C). Młodzież do lat 20. w 50 % odpowiedziała, że w łuszczyce występują okresy wyciszenia. Duża grupa młodych osób (45,8 %) nie miała na ten temat wiedzy, a 4,2 % z nich zaznaczyło odpowiedź «nie» (ryc. 11D). W przedziale wiekowym 21-30 lat 73,7 % badanych uważało, że łuszczyca to

choroba, w której pojawiają się okresy remisji, natomiast pozostali (26,3 %) nie posiadali na ten temat wiedzy. Nikt w tej grupie nie udzielił odpowiedzi: «nie» (ryc. 11E). W przedziale 31-40 lat 83,3 % osób wybrało opcję: «tak», 16,7 % – «nie wiem» i nie zaznaczono ani jednego wariantu: «nie» (ryc. 11F). Ankietowani w wieku 41-50 lat oraz po pięćdziesiątce udzielili tylko poprawnych odpowiedzi (ryc. 11G, 11H).

Na pytanie «Czy w łuszczyce występują okresy wyciszenia?» uzyskaliśmy bardzo zadowalające odpowiedzi, ponieważ w każdej z badanych grup przeważająca część respondentów odpowiedziała prawidłowo (od 50 % do 100 % odpowiedzi «tak» w poszczególnych grupach). Wszystkie osoby powyżej 41. lat zaznaczyły tylko odpowiedzi prawidłowe, a część osób młodszych zaznaczyła również «nie wiem» oraz «nie». Warianty błędne ankietowani wybrali tylko w trzech grupach (ryc. 11).

Pytanie 9. Czy w łuszczycy występują okresy wyciszenia (remisja)? (ryc. 11)

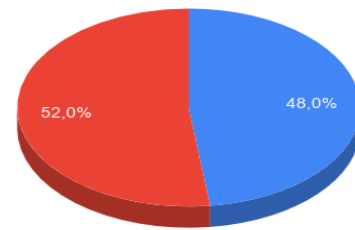
Wszyscy



nie wiem tak nie

A

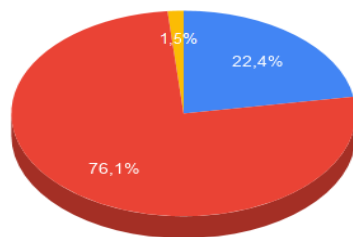
Mężczyźni



nie wiem tak

B

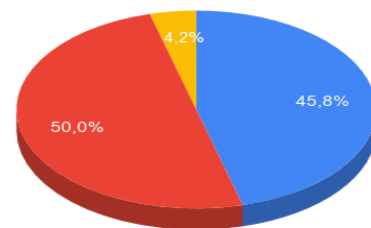
Kobiety



nie wiem tak nie

C

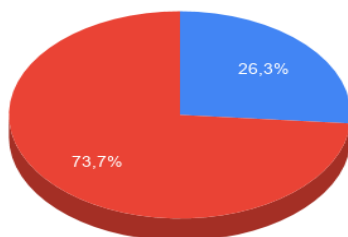
Wszyscy, do 20 lat



nie wiem tak nie

D

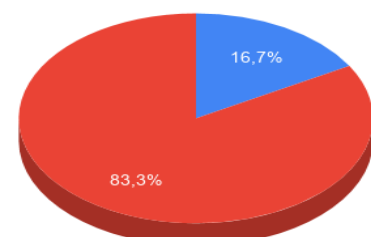
Wszyscy, 21-30 lat



nie wiem tak

E

Wszyscy, 31-40 lat



nie wiem tak

F

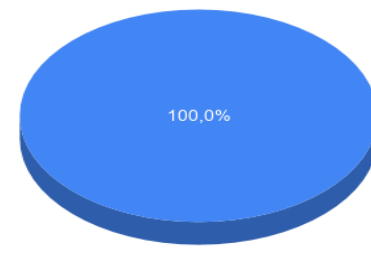
Wszyscy, 41-50 lat



tak

G

Wszyscy, powyżej 50 lat



tak

H

Ryc. 11. Udział procentowy odpowiedzi ankietowanych na pytanie: «Czy w łuszczycy występują okresy wyciszenia?», z uwzględnieniem płci oraz wieku

Notatka: «Wszyscy» – ogół ankietowanych bez podziału na płeć czy wiek

Na pytanie «*Co to jest objaw Koebnera?*» ankietowani mieli do wyboru cztery warianty odpowiedzi:

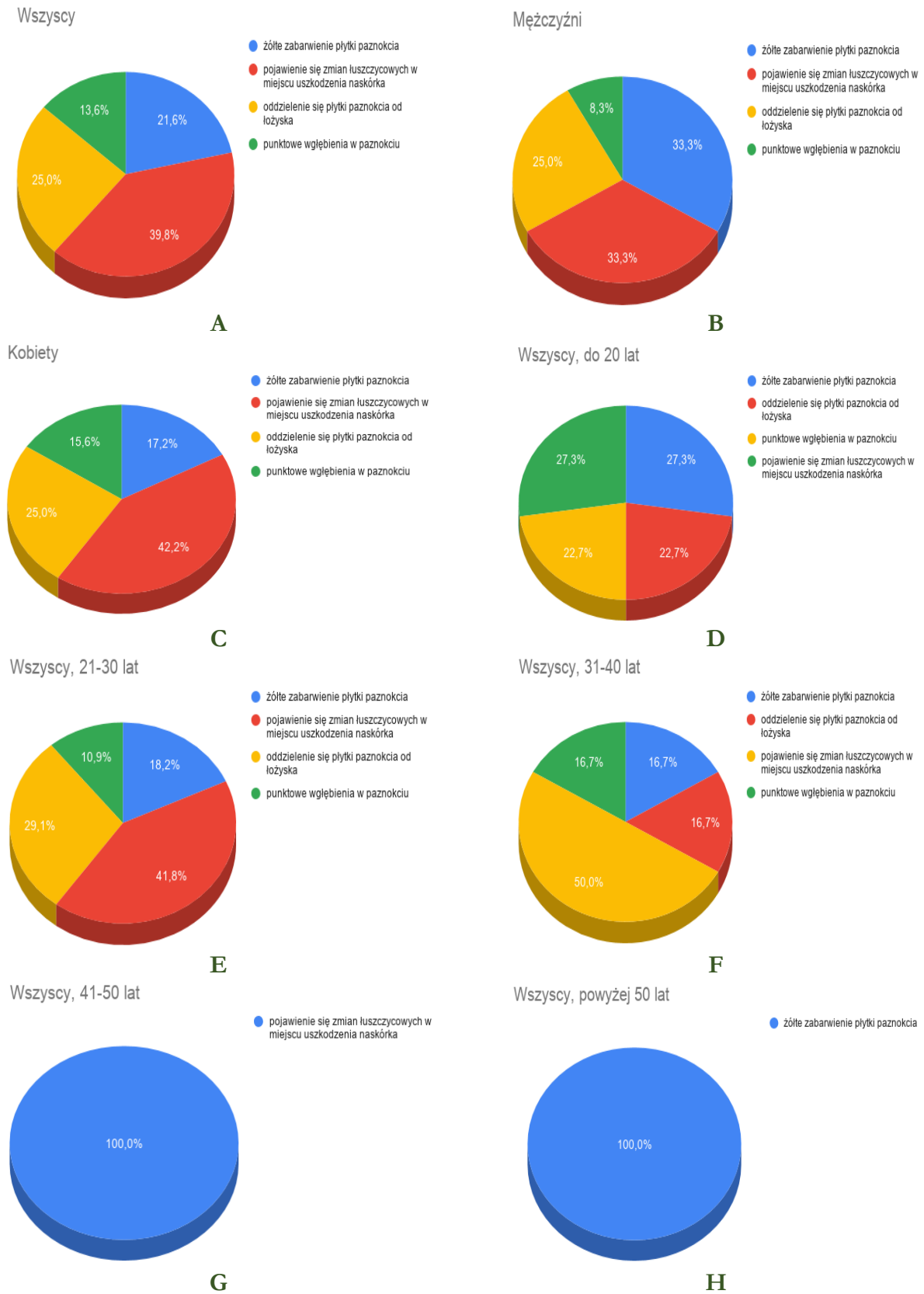
- «*pojawienie się zmian łuszczykowych w miejscu uszkodzenia naskórka*» (odpowiedź poprawna – symptomy objawu Koebnera),
- «*żółte zabarwienie płytki paznokcia*»,
- «*oddzielenie się płytki paznokcia od łożyska*» (onycholioza),
- «*punktowe wgłębienia w paznokciu*» (paznokieć naparskowaty).

Jak wykazały wyniki naszych badań, 39,8 % ankietowanych na omawiane pytanie udzieliło odpowiedzi poprawnej, 25 % z nich zaznaczyło objawy onycholiozy, 21,6 % uznało, że objawem Koebnera jest żółte zabarwienie płytki paznokciowej, a pozostali (13,6 %) uznali, że są to punktowe wgłębienia w paznokciu (ryc. 12A). Mężczyźni (wszystkie ankietowane roczniki) wybrali wariant poprawny i żółte zabarwienie paznokcia (po 33,3 % na każdy wariant), 25 % z nich zaznaczyło onycholiozę, a 8,3 % paznokieć naparskowaty (ryc. 12B). Kobiety procentowo udzieliły więcej poprawnych odpowiedzi niż mężczyźni, mianowicie 42,2 % pań wybrało symptomy objawu Koebnera, 25 % – onycholiozę, 17,2 % – żółte zabarwienie płytki, a 15,6 % – paznokieć naparskowaty (ryc. 12C). Młodzież do 20. roku życia najliczniej zaznaczyła warianty – symptomy objawu Koebnera oraz żółte zabarwienie paznokcia (27,3 % na każdy wariant), a poza tym młode osoby wybrały także opcje «*oddzielenie się płytki paznokcia od łożyska*» i «*punktowe wgłębienia w paznokciu*» (22,7 % na każdą opcję) (ryc. 12D). Mężczyźni i kobiety w wieku 21-30 lat najliczniej wybrali odpowiedź poprawną, to znaczy «*pojawienie się zmian łuszczykowych w miejscu uszkodzenia naskórka*» (41,8 % zaznaczeń tego wariantu). 29,1 % osób z tej grupy zaznaczyło onycholiozę, 18,2 % – żółte zabarwienie płytki, a 10,9 % – paznokieć naparskowaty (ryc. 12E). W grupie 31-40 lat 50 % ankietowanych odpowiedziało poprawnie, a także zostały zaznaczone pozostałe trzy warianty odpowiedzi (po 16,7 % wyborów na każdy wariant) (ryc. 12F). Respondenci w wieku 41-50 lat w 100 % odpowiedzieli poprawnie, zaznaczając symptomy objawu Koebnera, natomiast osoby po pięćdziesiątce w 100 % zaznaczyły wariant błędny, mianowicie «*żółte zabarwienie płytki paznokcia*» (ryc. 12G).

Wyniki przeprowadzonej przez nas ankiety wykazały u większości jej uczestników znaczący brak wiedzy odnośnie objawu Koebnera. Wyjątek stanowili respondenci z grupy 41-50 lat, którzy w stu procentach wybrali poprawny wariant (w grupie tej nie padła ani jedna błędna odpowiedź). Najgorszy wynik uzyskali pięćdziesięciolatekowie i osoby starsze, ponieważ wśród nich nikt nie odpowiedział poprawnie. W pozostałych grupach prawidłowe warianty odpowiedzi na pytanie o objaw Koebnera zaznaczyło od 27,3 % do 50 % respondentów (ryc. 12).

Ocena wiedzy i zainteresowania chorych na łuszczycę własną chorobą w związku z licznymi doniesieniami o wpływie tej dermatozy na samoocenę i jakość życia pacjentów została przeprowadzona przez Chodorowską et al. (2006). Analiza odpowiedzi otrzymanych od respondentów przez wymienioną autorkę i jej współpracowników wykazała, że elementarną wiedzę na temat łuszczycy pacjenci zdobywają od lekarzy, jednakże zbyt krótki czas przeznaczony na poradę uniemożliwia lekarzom przeprowadzenie kompleksowej edukacji. Uzyskane przez chorych informacje często nie są w pełni przez nich zrozumiałe i zapamiętane, dlatego bardzo ważne wydaje się samodzielne poszukiwanie informacji dodatkowych w książkach edukacyjnych, broszurach czy też w Internecie. Dla pacjentów ankietowanych przez Chodorowską i jej współpracowników podstawowym źródłem informacji o łuszczycy byli lekarze, a jedynie osoby z wyższym wykształceniem istotnie statystycznie częściej korzystały z Internetu ($p < 0,05$), literatury fachowej ($p < 0,01$) i porad farmaceuty ($p < 0,05$). Większość ankietowanych mężczyzn odpowiadała twierdząco na pytanie dotyczące negatywnego wpływu choroby na ich relacje z otoczeniem (65,75 %, $p < 0,05$). Z kolei większość ankietowanych kobiet była świadoma możliwości wystąpienia choroby u potomstwa. Wśród czynników zaostrzających przebieg choroby najczęściej wymieniano stres (43,27 %). Z przeprowadzonego przez Chodorowską i współpracowników badania wynika, że płeć, wiek, poziom wykształcenia, czy miejsce zamieszkania pacjentów nie wpływają na poziom ich wiedzy na temat własnej choroby (różnice nieistotne statystycznie).

Pytanie 10. Co to jest objaw Koebnera? (ryc. 12)



Ryc. 12. Udział procentowy odpowiedzi ankietowanych na pytanie: «Co to jest objaw Koebnera?», z uwzględnieniem płci oraz wieku.

Notatka: «Wszyscy» – ogół ankietowanych bez podziału na płeć czy wiek.

Analiza poziomu wiedzy społeczeństwa polskiego o autoimmunologicznych jednostkach chorobowych na przykładzie łuszczycy zwykłej została przeprowadzona przez Haassengier et al. (2015). W pracy tych autorek tylko 34 % osób ze zbadanej populacji zadeklarowało, że nie miałoby obaw przed związaniem się z osobą cierpiącą na łuszczycę. 66 % osób tworzyło grupę, w której badani, albo odczuwali lęk przed związkiem z osobą chorą na łuszczycę, albo nie potrafili w żaden sposób do takiego związku się ustosunkować. 90 % ankietowanych było świadomych faktu, że łuszczycyca wpływa na jakość życia chorych. W analizach dotyczących kwestii zawodowych 35 % ankietowanych Polaków wyraziło wątpliwości w związku z zatrudnieniem pracownika chorego na łuszczycę. Postawa ta świadczyć może o braku tolerancji, a przede wszystkim braku świadomości na temat tej jednostki chorobowej. 21 % ankietowanych nie potrafiło odpowiedzieć na pytanie, czy uściśnęliby choremu dłoń, czym wyrazili lęk przed chorobą. 7 % ankietowanych nie podałyby ręki osobie chorej na łuszczycę, natomiast większa część ankietowanych (72 %) zadeklarowała brak obaw przed uściśnięciem ręki chorego. Blisko co trzeci Polak nie wiedział, że łuszczycyca nie jest chorobą zakaźną (Haassengier et al., 2015).

Celem pracy Sommera et al. (2018) było zbadanie percepcji i oceny łuszczycy wśród populacji niemieckiej. Reprezentatywne badanie telefoniczne przeprowadzono wśród 2001 osób dorosłych przy użyciu standardowego kwestionariusza. Analizy dotyczące miejsca zamieszkania, wieku, płci i poziomu wykształcenia przeprowadzono opisowo. Jak wykazały wyniki badań tych autorów, dziewięćdziesiąt trzy procent rozmówców uznało tę chorobę za znaczne obciążenie dla dotkniętych nią osób; 59 % stwierdziło, że dostępne są skuteczne leki na łuszczycę; 9 % uznało tę chorobę za zaraźliwą. Dziesięć procent stwierdziło, że nie chciałoby mieszkać w tym samym gospodarstwie domowym, co osoba dotknięta chorobą; 23 % nie chciałoby dzielić tego samego basenu; a 27 % nie chciałoby utrzymywać osobistych relacji z osobą dotkniętą chorobą. Dwanaście procent rozmówców stwierdziło, że znają uchwałę WHO w sprawie łuszczycy; 6 % że wiedzą o Światowym Dniu Łuszczycy i 3 % że są obeznani

z kampanią «*Bitte berühren*» («*Proszę dotknąć*»).

Postrzeganie łuszczycy w populacji ogólnej charakteryzuje się deficytami wiedzy i uprzedzeniami wobec osób nią dotkniętych. Zakres i możliwe predyktory postaw stygmatyzujących pozostają niejasne. Ocena uprzedzeń i stygmatyzacji osób chorych na łuszczycę oraz identyfikacja zmiennych socjodemograficznych i związanych z postawą, które odpowiadają za stygmatyzację była przeprowadzona przez Sommer et al. (2020). Większość ankietowanych (74 %) uważała, że osoby chore na łuszczycę znajdują się w niekorzystnej sytuacji. Podobnie większość respondentów (69 %) stwierdziła, że większość ludzi uważa łuszczycę za obrzydliwą chorobę, i nie chce dotykać osób na nią chorych (59 %), uważając, że osoby chore na łuszczycę powinny bardziej o siebie dbać (45 %). «Chęć nawiązania relacji z osobą dotkniętą chorobą» (OR = 0,330, P = 0,029), wyższy wiek (OR = 1,027, P < 0,001) i płeć męska (OR = 1,263, P = 0,034) okazały się istotnie powiązane ze stwierdzeniem «łuszczycyca jest obrzydliwa», a wykształcenie (OR = 1,648, P = 0,016) i niższy wiek (OR = 0,847, P < 0,001) były istotnie powiązane ze stwierdzeniem, że «muszą lepiej o siebie dbać». Dane te wskazują, że stygmatyzacja chorób skóry jest nadal utrwalona. Praca tych autorów wskazuje też na potrzebę podejmowania działań przeciwko stygmatyzacji osób dotkniętych łuszczycą. Wyniki sugerują, że należy wziąć pod uwagę płeć, wiek i poziom wykształcenia oraz związaną z tym wiedzę zdrowotną grup docelowych (Sommer et al., 2020). W 2019 roku Pearl i współpracownicy porównali stygmatyzujące postawy wobec łuszczycy wśród laików i studentów medycyny (Pearl et al., 2019). Stażyści medyczni zgłaszali mniej stygmatyzujących postaw niż inne osoby, co wskazuje, że kampania edukacyjna na temat łuszczycy wśród społeczeństwa może pomóc w zmniejszeniu stygmatyzacji pacjentów cierpiących na tą chorobę.

Czynniki predykcyjne postrzeganej stygmatyzacji u pacjentów z łuszczycą badali van Beugen et al. (2017). Wyniki przez nich uzyskane wykazały, że postrzegana stygmatyzacja jest powszechna w przypadku łuszczycy i można ją przewidzieć na podstawie zmiennych socjodemograficznych, związanych z chorobą i osobowością. Te zmienne predykcyjne wskazują, którzy pacjenci są szczególnie

podatni na postrzeganą stygmatyzację, co można wykorzystać w leczeniu. Udowodniono, że stopień stygmatyzacji chorych na łuszczycę można przewidzieć za pomocą kilku czynników, w tym zmiennych socjodemograficznych, związanych z chorobą i zmiennych osobowości (Zhang et al., 2021). Wśród zmiennych socjodemograficznych płeć jest korelowała z poziomem napiętnowania w niektórych badaniach (Jankowiak et al., 2020, 2021), a w innych – nie (Zięciak et al., 2017; Kowalewska et al., 2020). Niższe wykształcenie (van Beugen et al., 2017), brak wiedzy zawodowej (Pearl et al., 2019) i zamieszkiwanie na wsi (Jankowiak et al., 2016) wiązały się z wyższym poziomem stygmatyzacji, co może być wtórne do niedostatecznego zrozumienia łuszczycy (Hrehorów et al., 2012).

Wśród zmiennych związanych z chorobą wykazano, że wiek zachorowania koreluje z poczuciem stygmatyzacji, a pacjenci z wczesnym początkiem choroby byli bardziej podatni (Ginsburg and Link, 1989; Gupta and Gupta, 1995; Perrott et al., 2000). Napiętnowanie społeczne związane z łuszczycą bardziej negatywnie wpływa na osoby we wcześniejszej dorosłości, które właśnie nawiązały swoje relacje społeczne i skontaktowały się z szerszym gronem osób (Gupta and Gupta, 1995). Dlatego lekarze powinni zwrócić szczególną uwagę na dzieci i młodzież. Poza tym w niektórych badaniach rozmieszczenie zmian skórnych i nasilenie choroby wydają się być powiązane ze stygmatyzacją (Böhm et al., 2013; Hawro et al., 2017; van Beugen et al., 2017; Łakuta et al., 2018). Zmiany skórne w narażonych obszarach wiązały się z wyższym poziomem stygmatyzacji, zwiększając ryzyko wykluczenia społecznego i pogarszając jakość życia pacjentów. Dlatego w trakcie leczenia należy uwzględnić rozkład zmian oraz ogólne nasilenie choroby, a łuszczycę w narażonych obszarach wymaga szczególnej uwagi. Co więcej, stwierdzono, że osobowość typu D jest powiązana ze stygmatyzacją, prawdopodobnie na skutek zahamowania emocji lub zachowania spowodowanego strachem przed dezaprobatą (van Beugen et al., 2017). Ludzie należący do osobowości typu D mają tendencję do odczuwania negatywnych emocji (negatywna emocjonalność) np. gniewu, lęku. Wykazują pesymistyczne podejście do życia. Odczuwają ciągłe napięcie, zamartwiają się oraz brak im

poczucia bezpieczeństwa. W rezultacie może być konieczne przeprowadzenie badania przesiewowego osobowości typu D w celu oceny poziomu stygmatyzacji wśród pacjentów. Badanie odpowiednich czynników predykcyjnych zapewniło ramy dla pacjentów z wysokim ryzykiem napiętnowania, promując procedury przesiewowe i interwencyjne w celu dalszego wdrażania dostosowanego leczenia opartego na dowodach naukowych (van Beugen et al., 2017).

Stygmatyzację zdefiniowano jako przypisanie danej osobie biologicznych lub społecznych dyskredytujących spostrzeżeń, odróżniających ją od innych w społeczeństwie (Dimitrov and Szepietowski, 2017a,b). Poczucie stygmatyzacji jest częste u pacjentów dermatologicznych, takich jak łuszczycy, bielactwo nabyte i trądzik, głównie z powodu widocznych zmian skórnych, niewystarczającego zrozumienia chorób przez społeczeństwo oraz innych czynników kulturowych lub społecznych (Hayes and Koo, 2010; Dimitrov and Szepietowski, 2017a). Już w latach pięćdziesiątych Susskind i McGuire informowali, że pacjenci z łuszczycą mogą być narażeni na ciekawość, wrogość i wstręt ze względu na «nieczystą skórę» i obawy społeczne dotyczące zakaźności (Susskind and McGuire, 1959). Rozgłos «łuszczycy jako choroby niezakaźnej» mógłby zmniejszyć obciążenie tych pacjentów (Coles and Ryan, 1975). W 2018 r. w światowym badaniu wzięło udział 8338 pacjentów z łuszczycą o różnym stopniu – od umiarkowanej do ciężkiej z 31. krajów (Armstrong et al., 2018). 84 % respondentów doświadczyło dyskryminacji i/lub upokorzenia związanego z łuszczycą, co miało negatywny wpływ na pracę, intymność i stan zdrowia. Pacjenci z łuszczycą mogą doświadczać trudności społecznych i psychologicznych w codziennym życiu, zwłaszcza gdy muszą odsłonić swoje ciało (Vardy et al., 2002). Pacjenci cierpiący na zaburzenia psychiczne mogą stracić nadzieję i poczucie utraty kontroli nad chorobą, co pogarsza odpowiedź na leczenie (Vardy et al., 2002; Fortune et al., 2003). W ostatnich latach prowadzi się coraz więcej badań nad związkiem pomiędzy stygmatyzacją, cechami socjodemograficznymi, zmiennymi związanymi z chorobą i zaburzeniami psychicznymi u pacjentów z łuszczycą. Do oceny poziomu stygmatyzacji pacjentów z łuszczycą można wykorzystać zarówno kwestionariusze specyficzne dla

dermatologii, jak i samej łuszczycy (Dimitrov and Szepietowski, 2017b; Dimitrov et al., 2019).

Podsumowanie

Na pytanie *Czy kiedykolwiek słyszał/a Pan/i o łuszczycy?* prawie wszyscy ankietowani (91 %) odpowiedzieli, że o chorobie tej słyszeli, w tym «tak» odpowiedziało 88,9 % mężczyzn, 91,5 % kobiet oraz wszystkie osoby po 30. roku życia.

Większość respondentów (76,9 %) wiedziała, że objawy łuszczycy mogą wystąpić w każdym wieku, a tylko w przypadku osób między 31. a 50. rokiem ilość poprawnych odpowiedzi była wyraźnie niższa (40 %-50 %).

76,7 % badanych wiedziało, że nie muszą obawiać się zarażenia łuszczycą, ponieważ nie jest ona chorobą zakaźną. Jedynie co druga osoba w wieku do dwudziestu lat oraz 41-50 lat potrafiła odpowiedzieć poprawnie na pytanie *Czy łuszczycyca jest zaraźliwa?*, a respondenci powyżej 50. roku życia nie posiadali na ten temat wiedzy.

Na pytanie *Jaką chorobą jest łuszczycyca?* badani w wieku 31-40 lat w stu procentach odpowiedzieli poprawnie, mianowicie, że jest chorobą przewlekłą, genetyczną i autoimmunologiczną. Natomiast w pozostałych grupach poziom wiedzy na ten temat był niższy, bowiem ilość poprawnych odpowiedzi nie przekraczała 57,9 % (wyniki dla grupy 21-30 lat) – spośród wszystkich respondentów łącznie właściwy wariant wybrało 51,6 % osób, w tym 50 % mężczyzn i 53 % kobiet.

Objawy łuszczycy znało tylko 27,5 % ankietowanych, w tym 16,7 % mężczyzn i 31,8 % kobiet, a wyższy poziom wiedzy na ten temat (66,7 %) odnotowano tylko w grupie 41-50 lat. Również stosunkowo niski poziom wiedzy reprezentowali ankietowani w przypadku pytania o objawy łuszczycy paznokci, ponieważ tylko 20,2 % z nich zaznaczyło właściwy wariant odpowiedzi, w tym 21,7 % mężczyzn i 18,5 % kobiet, a najlepiej wypadły odpowiedzi w grupie 41-50 lat, w której 33,3 % osób wybrało wariant poprawny.

Wśród czynników wyzwalających objawy łuszczycy ankietowani najliczniej wybierali stres (30 %), infekcje (28,9 %) oraz uszkodzenia skóry (18,9 %). U kobiet odsetek takich odpowiedzi wynosił kolejno: 33,8 %, 23,1 % i 21,5 %, natomiast u mężczyzn na pierwszym miejscu uplasowały się infekcje (41,7 %), a następnie stres (20,8 %) i uszkodzenia skóry (12,5 %).

W przypadku pytania *Czy łuszczycyca jest przeciwwskazaniem do zabiegów kosmetycznych?* 67,4 % ankietowanych uznało, że to zależy od rodzaju zabiegu kosmetycznego, w tym 70,1 % kobiet i 60 % mężczyzn zaznaczyło ten poprawny wariant.

Na pytanie *Czy w łuszczycy występują okresy wyciszenia?* 69,6 % respondentów odpowiedziało poprawnie, mianowicie, że występują. Taki wariant odpowiedzi wybrały w stu procentach osoby w wieku powyżej 40. lat.

W przypadku pytania o objaw Koebnera właściwe warianty odpowiedzi wybrało tylko 39,8 % ankietowanych, w tym 42,2 % kobiet i 33,3 % mężczyzn. Najlepszy wynik uzyskały osoby w wieku 41-50 lat (100 % poprawnych odpowiedzi), a najgorszy – młodzież do dwudziestego roku życia (27,3 % poprawnych odpowiedzi).

Z przeprowadzonej ankiety wynika, że większość ankietowanych słyszała o łuszczycy oraz wiedziała, że pierwsze jej objawy mogą wystąpić w każdym wieku. Respondenci zdawali sobie też sprawę tego, że łuszczycyca nie jest chorobą zakaźną, że występują w niej okresy remisji, oraz z tego, że przeciwwskazania do zabiegu kosmetycznego, zależą od samego zabiegu. Potrafili także wskazać najczęstsze czynniki wyzwalające objawy tej choroby, jakimi są stres, infekcje i uszkodzenia skóry. Należy jednak zwrócić uwagę, że nie posiadali wiedzy o tym, że łuszczycyca jest chorobą przewlekłą, genetyczną oraz autoimmunologiczną i nie wiedzieli co to jest objaw Koebnera. Najgorsze wyniki uzyskano w odpowiedziach na pytania o objawy samej łuszczycy oraz o objawy łuszczycy paznokci.

References

Amanat, M., Salehi, M., & Rezaei, N. (2018). Neurological and psychiatric disorders in psoriasis. *Reviews in the neurosciences*, 29(7), 805–813. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2017-0108>

- Armstrong, A. W., & Read, C. (2020). Pathophysiology, clinical presentation, and treatment of psoriasis: a review. *JAMA*, 323(19), 1945–1960. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.4006>
- Armstrong, A., Jarvis, S., Boehncke, W. H., Rajagopalan, M., Fernández-Peñas, P., Romiti, R., Bewley, A., Vaid, B., Huneault, L., Fox, T., Sodha, M., & Warren, R. B. (2018). Patient perceptions of clear/almost clear skin in moderate-to-severe plaque psoriasis: results of the clear about psoriasis worldwide survey. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology: JEADV*, 32(12), 2200–2207. <https://doi.org/10.1111/jdv.15065>
- Bangemann, K., Schulz, W., Wohlleben, J., Weyergraf, A., Snitjer, I., Werfel, T., Schmid-Ott, G., & Böhm, D. (2014). Depression and anxiety disorders among psoriasis patients: protective and exacerbating factors. *Der Hautarzt; Zeitschrift für Dermatologie, Venerologie, und verwandte Gebiete*, 65(12), 1056–1061. <https://doi.org/10.1007/s00105-014-3513-9>. (in German).
- Böhm, D., Stock Gissendanner, S., Bangemann, K., Snitjer, I., Werfel, T., Weyergraf, A., Schulz, W., Jäger, B., & Schmid-Ott, G. (2013). Perceived relationships between severity of psoriasis symptoms, gender, stigmatization and quality of life. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology: JEADV*, 27(2), 220–226. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2012.04451.x>
- Budu-Aggrey, A., Brumpton, B., Tyrrell, J., Watkins, S., Modalsli, E. H., Celis-Morales, C., Ferguson, L. D., Vie, G.Å., Palmer, T., Fritsche, L. G., Løset, M., Nielsen, J. B., Zhou, W., Tsoi, L. C., Wood, A. R., Jones, S.E., Beaumont, R., Saunes, M., Romundstad, P. R., Siebert, S., ... Paternoster, L. (2019). Evidence of a causal relationship between body mass index and psoriasis: A mendelian randomization study. *PLoS medicine*, 16(1), e1002739. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002739>
- Chen, M., Jiang, Q., & Zhang, L. (2021). The prevalence of bipolar disorder in autoimmune disease: a systematic review and meta-analysis. *Annals of palliative medicine*, 10(1), 350–361. <https://doi.org/10.21037/apm-20-2293>
- Chodorowska, G., Bryczek, M., Dąbrowska-Członka, M., & Bartosińska, J. (2006). To what extent are psoriasis patients interested in their disease? – preliminary examination. *Advances in Dermatology and Allergology*, XXIII(4), 186-191. (in Polish)
- Coles, R. B., & Ryan, T. J. (1975). The psoriasis sufferer in the community. *The British journal of dermatology*, 93(1), 111–113. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.1975.tb06486.x>
- Dand, N., Mahil, S. K., Capon, F., Smith, C. H., Simpson, M. A., & Barker, J. N. (2020). Psoriasis and Genetics. *Acta dermato-venereologica*, 100(3), adv00030. <https://doi.org/10.2340/00015555-3384>
- De Jager, M. E. A., De Jong, E. M. G. J., Evers, A. W. M., Van De Kerkhof, P. C. M., & Seyger, M. M. B. (2011). The burden of childhood psoriasis. *Pediatric dermatology*, 28(6), 736–737. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1470.2011.01489.x>
- Dimitrov, D., & Szepietowski, J. C. (2017a). Stigmatization in dermatology with a special focus on psoriatic patients. *Postepy higieny i medycyny doswiadczalnej (Online)*, 71(0), 1115–1122. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.6879>
- Dimitrov, D., & Szepietowski, J. C. (2017b). Instruments to assess stigmatization in dermatology. *Postepy higieny i medycyny doswiadczalnej (Online)*, 71(0), 901–905. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.5607>

- Dimitrov, D., Matusiak, Ł., Evers, A., Jafferany, M., & Szepietowski, J. (2019). Arabic language skin-related stigmatization instruments: Translation and validation process. *Advances in clinical and experimental medicine: official organ Wroclaw Medical University*, 28(6), 825–832. <https://doi.org/10.17219/acem/102617>
- Fortune, D. G., Richards, H. L., Kirby, B., McElhone, K., Markham, T., Rogers, S., Main, C. J., & Griffiths, C. E. (2003). Psychological distress impairs clearance of psoriasis in patients treated with photochemotherapy. *Archives of dermatology*, 139(6), 752–756. <https://doi.org/10.1001/archderm.139.6.752>
- Ginsburg, I. H., & Link, B. G. (1989). Feelings of stigmatization in patients with psoriasis. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 20(1), 53–63. [https://doi.org/10.1016/s0190-9622\(89\)70007-4](https://doi.org/10.1016/s0190-9622(89)70007-4)
- Gupta, M. A., & Gupta, A. K. (1995). Age and gender differences in the impact of psoriasis on quality of life. *International journal of dermatology*, 34(10), 700–703. <https://doi.org/10.1111/j.1365-4362.1995.tb04656.x>
- Haassengier, V., Zborowska, A., & Rozensztrauch, A. (2015). Analysis of the level of knowledge of the Polish society about autoimmune diseases on the example of psoriasis vulgaris - preliminary report. In I. Uchmanowicz, J. Rosińczuk, & B. Jankowskiej-Polańskiej (Eds.), *Scientific research in nursing and midwifery*, (pp 1-10). T. 2. Wydawnictwo Continuo. (in Polish)
- Hawro, M., Maurer, M., Weller, K., Maleszka, R., Zalewska-Janowska, A., Kaszuba, A., Gerlicz-Kowalczyk, Z., & Hawro, T. (2017). Lesions on the back of hands and female gender predispose to stigmatization in patients with psoriasis. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 76(4), 648–654.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2016.10.040>
- Hayes, J., & Koo, J. (2010). Psoriasis: depression, anxiety, smoking, and drinking habits. *Dermatologic therapy*, 23(2), 174–180. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8019.2010.01312.x>
- Hrehorów, E., Salomon, J., Matusiak, L., Reich, A., & Szepietowski, J.C. (2012). Patients with psoriasis feel stigmatized. *Acta dermato-venereologica*, 92(1), 67–72. <https://doi.org/10.2340/00015555-1193>
- Innamorati, M., Quinto, R.M., Lester, D., Iani, L., Graceffa, D., & Bonifati, C. (2018). Cognitive impairment in patients with psoriasis: A matched case-control study. *Journal of psychosomatic research*, 105, 99–105. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2017.12.011>
- Jabłońska, S., & Chorzelski, T. (2001). *Skin diseases*. Wydawnictwo PZWL. (in Polish)
- Jankowiak, B., Kowalewska, B., Fiodaravich Khvorik, D., Krajewska-Kułak, E., & Niczyporuk, W. (2016). The level of stigmatization and depression of patients with psoriasis. *Iranian journal of public health*, 45(5), 690–692.
- Jankowiak, B., Kowalewska, B., Krajewska-Kułak, E., & Khvorik, D.F. (2020). Stigmatization and quality of life in patients with psoriasis. *Dermatology and therapy*, 10(2), 285–296. <https://doi.org/10.1007/s13555-020-00363-1>
- Jankowiak, B., Kowalewska, B., Krajewska-Kułak, E., Kowalczyk, K., & Khvorik, D.F. (2021). The sense of stigmatization in patients with plaque psoriasis. *Dermatology (Basel, Switzerland)*, 237(4), 611–617. <https://doi.org/10.1159/000510654>
- Kaszuba, A., Szepietowski, J., & Adamski, Z. (2016). *Dermatologia geriatryczna*. Wydawnictwo Czelej.

- Kowalewska, B., Cybulski, M., Jankowiak, B., & Krajewska-Kułak, E. (2020). Acceptance of illness, satisfaction with life, sense of stigmatization, and quality of life among people with psoriasis: a cross-sectional study. *Dermatology and therapy*, 10(3), 413–430. <https://doi.org/10.1007/s13555-020-00368-w>
- Lanna, C., Galluzzi, C., Zangrilli, A., Bavetta, M., Bianchi, L., & Campione, E. (2022). Psoriasis in difficult to treat areas: treatment role in improving health-related quality of life and perception of the disease stigma. *The Journal of dermatological treatment*, 33(1), 531–534. <https://doi.org/10.1080/09546634.2020.1770175>
- Łakuta, P., Marcinkiewicz, K., Bergler-Czop, B., Brzezińska-Wcisło, L., & Słomian, A. (2018). Associations between site of skin lesions and depression, social anxiety, body-related emotions and feelings of stigmatization in psoriasis patients. *Postępy dermatologii i alergologii*, 35(1), 60–66. <https://doi.org/10.5114/pdia.2016.62287>
- Masson, W., Lobo, M., & Molinero, G. (2020). Psoriasis and cardiovascular risk: a comprehensive review. *Advances in therapy*, 37(5), 2017–2033. <https://doi.org/10.1007/s12325-020-01346-6>
- Neneman, A., & Adamski, Z. (2009). Aspekty kliniczne i epidemiologiczne zaburzeń ogólnoustrojowych u chorych na łuszczycę. *Forum Medycyny Rodzinnej*, 3(6), 449.
- Parisi, R., Iskandar, I. Y. K., Kontopantelis, E., Augustin, M., Griffiths, C. E. M., Ashcroft, D. M., & Global Psoriasis Atlas (2020). National, regional, and worldwide epidemiology of psoriasis: systematic analysis and modelling study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 369, m1590. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1590>
- Pearl, R. L., Wan, M. T., Takeshita, J., & Gelfand, J. M. (2019). Stigmatizing attitudes toward persons with psoriasis among laypersons and medical students. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 80(6), 1556–1563. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2018.08.014>
- Perrott, S. B., Murray, A. H., Lowe, J., & Mathieson, C. M. (2000). The psychosocial impact of psoriasis: physical severity, quality of life, and stigmatization. *Physiology & behavior*, 70(5), 567–571. [https://doi.org/10.1016/s0031-9384\(00\)00290-0](https://doi.org/10.1016/s0031-9384(00)00290-0).
- Raharja, A., Mahil, S. K., & Barker, J. N. (2021). Psoriasis: a brief overview. *Clinical medicine (London, England)*, 21(3), 170–173. <https://doi.org/10.7861/clinmed.2021-0257>
- Rigon, R. B., de Freitas, A. C. P., Bicas, J. L., Cogo-Müller, K., Kurebayashi, A. K., Magalhães, R. F., & Leonardi, G. R. (2021). Skin microbiota as a therapeutic target for psoriasis treatment: Trends and perspectives. *Journal of cosmetic dermatology*, 20(4), 1066–1072. <https://doi.org/10.1111/jocd.13752>
- Romańska-Gocka, K. (2009). Farmakoterapia łuszczycy. *Farmacja Polska*, 65(9), 647–654.
- Rubino, I. A., Sonnino, A., Pezzarossa, B., Ciani, N., & Bassi, R. (1995). Personality disorders and psychiatric symptoms in psoriasis. *Psychological reports*, 77(2), 547–553. <https://doi.org/10.2466/pr0.1995.77.2.547>
- Rycroft, R. J. G., Robertson, S. J., & Wakelin, S. H. (2014). *Dermatologia*. Wydawnictwo PZWL. (in Polish)

- Schön, M. P., & Erpenbeck, L. (2018). The Interleukin-23/Interleukin-17 axis links adaptive and innate immunity in psoriasis. *Frontiers in immunology*, 9, 1323. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.01323>.
- Sommer, R., Mrowietz, U., Radtke, M. A., Schäfer, I., von Kiedrowski, R., Strömer, K., Enk, A., Maul, J.T., Reich, K., Zander, N., & Augustin, M. (2018). What is psoriasis? – Perception and assessment of psoriasis among the German population. *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft = Journal of the German Society of Dermatology: JDDG*, 16(6), 703–710. <https://doi.org/10.1111/ddg.13539>
- Sommer, R., Topp, J., Mrowietz, U., Zander, N., & Augustin, M. (2020). Perception and determinants of stigmatization of people with psoriasis in the German population. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology: JEADV*, 34(12), 2846–2855. <https://doi.org/10.1111/jdv.16436>
- Susskind, W., & McGuire, R. J. (1959). The emotional factor in psoriasis. *Scottish medical journal*, 4, 503–507. <https://doi.org/10.1177/003693305900401007>
- van Beugen, S., van Middendorp, H., Ferwerda, M., Smit, J.V., Zeeuwen-Franssen, M.E., Kroft, E.B., de Jong, E.M., Donders, A.R., van de Kerkhof, P.C., & Evers, A.W. (2017). Predictors of perceived stigmatization in patients with psoriasis. *The British journal of dermatology*, 176(3), 687–694. <https://doi.org/10.1111/bjd.14875>
- Vardy, D., Besser, A., Amir, M., Gesthalter, B., Biton, A., & Buskila, D. (2002). Experiences of stigmatization play a role in mediating the impact of disease severity on quality of life in psoriasis patients. *The British journal of dermatology*, 147(4), 736–742. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2133.2002.04899.x>
- Veale, D. J., & Fearon, U. (2018). The pathogenesis of psoriatic arthritis. *Lancet (London, England)*, 391(10136), 2273–2284. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30830-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30830-4).
- Wolska, H. (2009). *Psoriasis*. Wydawnictwo PZWL. (in Polish)
- Zhang, H., Yang, Z., Tang, K., Sun, Q., & Jin, H. (2021). Stigmatization in patients with psoriasis: A Mini Review. *Frontiers in immunology*, 12, 715839. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.715839>
- Zięciak, T., Rzepa, T., Król, J., & Żaba, R. (2017). Stigmatization feelings and depression symptoms in psoriasis patients. *Poczucie stygmatyzacji a objawy depresyjne u osób chorych na łuszczycę. Psychiatria polska*, 51(6), 1153–1163. <https://doi.org/10.12740/PP/68848>

Наталія Яжджевська, Галина Ткаченко, Наталія Кургалюк

ОПИТУВАННЯ ЖІНОК І ЧОЛОВІКІВ РІЗНОГО ВІКУ ЩОДО ПСОРИАЗУ

АНОТАЦІЯ

Мета: Метою дослідження було оцінити знання жінок і чоловіків різного віку щодо псоріазу, його симптомів та факторів, що провокують симптоми псоріазу.

Методологія. Всього в дослідженні взяли участь 100 респондентів. Перевірявся рівень знань про псоріаз, його симптоми та фактори, що провокують симптоми псоріазу. Серед респондентів було 28 чоловіків (28 %) та 72 жінок (72 %) віком від 17 до 65 років. В дослідженні використано анонімне анкетування. Дослідження передбачало самостійні відповіді на запитання без участі дослідника. Опитування складалося з 10 різних питань. Вони включали як особисті дані, так і запитання про суб'єктивний досвід респондентів.

Наукова новизна. Аналіз результатів нашого дослідження показав, що на запитання, чи чули респонденти коли-небудь про це захворювання, аж 91 респондент відповіли ствердно. Серед жінок і чоловіків у всіх вікових групах відсоток респондентів, які чули про псоріаз, становив приблизно 90 %. Респонденти віком до 30 років знали правильну відповідь на питання про те, у якому віці з'являються перші симптоми цієї хвороби

(70-80 %). Питання про заразність цього захворювання також дало задовільні результати: більшість опитуваних груп (до 89,5 %) відповіли, що псоріаз не є заразним. На запитання «Яким захворюванням є псоріаз?», у якому було запитано про етіологію захворювання (хронічна, аутоімунна, генетична), виявлено, що, крім респондентів віком від 31 до 40 років, які дали лише правильні відповіді, тільки 26,1–57,9 % респондентів обрали правильну відповідь. На жаль, знання про симптоми псоріазу дуже низькі, тобто серед усіх респондентів лише 27,5 % відзначили правильні симптоми псоріазу. Більшість респондентів (45,1 %) обрали симптоми atopічного дерматиту. Відповіді на питання про симптоми псоріазу нігтів також показали дуже низьку поінформованість респондентів, оскільки лише 20,2 % з них дали правильні відповіді. Серед факторів, що викликають симптоми даного захворювання, респонденти найчастіше вибирали стрес (30 %), інфекції (28,9 %) та пошкодження шкіри (18,9 %). Чоловіки та жінки всіх вікових груп найчастіше погоджувалися з тим, що псоріаз може бути протипоказанням до косметичних процедур, але залежно від типу процедури; це дає задовільні результати і доводить, що люди з псоріазом, на думку респондентів, також можуть користуватися послугами косметичних салонів, незважаючи на зміни шкіри. Запитання про періоди ремісії також засвідчило, що респонденти мають задовільні знання з цього предмету, тому що правильну відповідь – що при цьому захворюванні є періоди ремісії – дала найбільша кількість респондентів у кожній групі респондентів (від 50 до 100 %).

Висновки. Результати нашого дослідження показали, що більшість респондентів (91 %) чули про псоріаз і знають вік, у якому з'являються перші симптоми, мають уявлення про відсутність заразності псоріазу, провокуючі фактори, періоди ремісії, можливість використання косметологічних процедур у хворих. Однак дослідження також показало значний брак знань, особливо щодо симптомів псоріазу та псоріазу нігтів, а також етіології захворювання.

Ключові слова: псоріаз, опитування, респонденти, жінки, чоловіки

Received: 12.02.2024. **Accepted:** 07.03.2024. **Published:** 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Cite this article in APA style as:

Jażdżewska N., Tkaczenko H., Kurhaluk N. Analiza opinii kobiet i mężczyzn w różnym wieku na temat łuszczycy. *Biota. Human. Technology*. 2024. №1. С. 143-175.

Jażdżewska, N., Tkaczenko, H., & Kurhaluk, N. (2024). Analysis of the opinions of women and men of different ages about psoriasis. *Biota. Human. Technology*, 1, 143-175. (in Polish)

Information about the authors:

Jażdżewska N. [*in Ukrainian: Яжджевська Н.*] ¹, Student, email: natalia.jazdzewska@interia.pl
ORCID: 0009-0007-1275-7528

Department of Rehabilitation and Wellness, Institute of Health Sciences, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

Tkaczenko H. [*in Ukrainian: Ткаченко Г.*] ², Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halina.tkaczenko@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3951-9005 Scopus-Author ID: 16032082200

Department of Zoology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

Kurhaluk N. [*in Ukrainian: Кургальюк Н.*] ³, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: natalia.kurhaluk@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0002-4669-1092 Scopus-Author ID: 55520986600

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

¹ Data collection.

² Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation, funds collection.

³ Study design, statistical analysis, manuscript preparation.

UDC 577.112.85:612.75:616.37

Kateryna Topchylo, Halina Tkaczenko

EFFECTS OF RIBOSE-INDUCED GLYCATION ON THE ELASTIC MODULUS OF COLLAGEN FIBRILS OBSERVED BY ATOMIC FORCE MICROSCOPY

Катерина Топчило, Галина Ткаченко

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ІНДУКОВАНОЇ РИБОЗОЮ ГЛІКАЦІЇ НА МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ КОЛАГЕНОВИХ ФІБРИЛ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ АТОМНО-СИЛОВОЇ МІКРОСКОПІЇ

DOI: 10.58407/bht.1.24.13

ABSTRACT

The interplay between diabetes mellitus and the structural integrity of collagen has significant implications for tissue functionality and disease progression.

The aim of this study was to empirically investigate the effects of ribose-induced glycation on the biomechanical properties of collagen fibrils, using atomic force microscopy for precise measurements.

Methodology. We used collagen fibrils from the common digital extensor (CDE) and superficial digital flexor (SDF) tendons of an adult bovine model to mimic the glycation processes that occur in diabetic pathology. The samples underwent controlled glycation by incubation with ribose for 24 hours and 14 days compared to phosphate buffered saline treated controls. A Bioscope Catalyst atomic force microscope (Bruker, USA) was used for all atomic force microscopy imaging in this study.

Scientific novelty. Our results show a marked increase in the elastic modulus of collagen fibrils after ribose treatment, indicating stiffening with glycation. Notably, SDF fibrils showed a greater increase in stiffness after 24 hours of ribose exposure compared to CDE fibrils, suggesting variations in glycation rates relative to fibril anatomy. Statistical analyses confirmed the significance of these findings and provided a model for understanding similar processes in human diabetes.

Conclusions. The different response to glycation observed between CDE and SDF fibrils prompts further investigation into the role of anatomical and structural factors in glycation susceptibility. Identification of tissues at higher risk of glycation-induced damage could lead to the development of targeted prevention strategies for diabetic complications. In addition, the potential for pharmacological intervention to inhibit glycation processes or enhance advanced glycation end products (AGEs) degradation offers a promising avenue for mitigating the progression of diabetes-related complications. The results of this study highlight the potential of ribose-induced changes in collagen as a model for diabetes-related tissue changes and propose a mechanistic framework that could guide the development of interventions aimed at mitigating the effects of collagen-related diabetic complications.

Key words: glycation, ribose, common digital extensor (CDE), superficial digital flexor (SDF), tendons, atomic force microscope

АНОТАЦІЯ

Взаємодія між цукровим діабетом і структурною цілісністю колагену має значний вплив на функціональність тканин і прогресування захворювання.

Мета цього дослідження полягала в емпіричному дослідженні впливу глікації, індукованої рибозою, на біомеханічні властивості колагенових фібрил, використовуючи атомно-силову мікроскопію.

Методологія. Ми використовували колагенові фібрили із сухожилля загального розгинача пальців (CDE) і поверхневого згинача пальців (SDF) моделі великої рогатої худоби, щоб імітувати процеси глікації, які відбуваються при діабетичній патології. Зразки піддавали контрольованій глікації шляхом інкубації з рибозою протягом 24 годин та 14 днів порівняно з контролем (сухожилля, оброблені фосфатним буферним розчином). Атомно-силовий мікроскоп Bioscope Catalyst (Bruker, США) використовували для отримання зображень у цьому дослідженні.

Наукова новизна. Наші результати показують помітне збільшення модулю пружності колагенових фібрилів після обробки рибозою, що вказує на ущільнення внаслідок глікації. Зокрема, фібрили SDF показали більше збільшення жорсткості після 24 годин впливу рибози порівняно з фібрилами CDE, що свідчить про

варіації в швидкостях глікації залежно від анатомії фібрилів. Статистичний аналіз підтвердив важливість цих висновків і забезпечив модель для розуміння подібних процесів при діабеті у людини.

Висновки. Різні реакції на глікацію, що спостерігається між фібрилами CDE та SDF, спонукає до подальшого дослідження ролі анатомічних і структурних факторів у сприйнятливості до глікації. Виявлення тканин із вищим ризиком пошкодження, спричиненого глікацією, може призвести до розробки цільових стратегій профілактики діабетичних ускладнень. Крім того, потенціал фармакологічного втручання для інгібування процесів глікації або посилення деградації кінцевих продуктів глікації (AGE) пропонує багатообіцяючий шлях для пом'якшення прогресування ускладнень, пов'язаних з діабетом. Це дослідження показує можливість, що відкриваються завдяки змінам у колагені, викликаним рибозою, які можуть служити моделлю для вивчення тканинних змін у випадку діабету. Також пропонується підхід, який може допомогти у розробці методів лікування, спрямованих на пом'якшення наслідків діабетичних ускладнень, пов'язаних із колагеном.

Ключові слова: глікація, рибоза, загальний розгинач пальців, поверхневий згинач пальців, сухожилля, атомно-силовий мікроскоп

Introduction

Diabetes mellitus (DM) is a multifaceted chronic disease characterised by high blood glucose levels resulting from defects in insulin production, insulin action or both. It has become a global health crisis with a wide range of complications that reduce quality of life and increase the risk of mortality (Banday et al., 2020). A critical aspect of these complications is the non-enzymatic glycation of proteins – a process that is accelerated in the hyperglycaemic conditions prevalent in diabetes (Khalid et al., 2022). Glycation involves the attachment of sugar molecules to proteins, particularly collagen, the most abundant protein in the human body, resulting in the formation of advanced glycation end products (AGEs) (Twarda-Clapa et al., 2002). These AGEs have a profound effect on the structural and functional integrity of proteins, leading to altered tissue mechanics and contributing significantly to the pathogenesis of diabetic complications such as nephropathy, retinopathy and impaired wound healing (Singh et al., 2014). Tendon tears and ruptures are common and can be caused by trauma, degenerative disease and overuse (Breidenbach et al., 2014; No et al., 2020). Tendon tears and ruptures in people with diabetes may be related to hyperglycaemia-induced changes in collagen structure, as excess blood glucose reacts with collagen to form AGEs, making tendons stiffer and more susceptible to injury (Nichols et al., 2020). Diabetes is also associated with increased skeletal fragility and an increased likelihood of fractures (Kanazawa, 2017).

Although diabetes can be associated with increased bone mineral density, it is associated with compromised bone architecture and altered mineral properties (Cortet et al., 2019).

The glycation process also interferes with the normal healing response, resulting in weaker repair tissue (Van Putte et al., 2016). In general, the accumulation of overly glycosylated collagens and the reduction in the levels of sulphated proteoglycans lead to morphological changes, including thickening of the basement membrane and increased thickness and hardening of the skin (Sternberg et al., 1985). In addition, diabetes-associated microvascular complications further compromise tendon health by restricting blood flow, which is essential for tissue maintenance and repair (Vithian & Hurel, 2010).

While there is extensive data on the glycation of extracellular matrix proteins, particularly collagens, in the context of diabetes, the specific impact of glucose modification on the mechanical structure and integrity of collagen, its interaction with cells and collagen turnover during disease progression remains poorly understood (Snedeker & Gautieri, 2014; Onursal et al., 2021). There is compelling evidence that collagen glycation plays a critical role in tissue fibrosis associated with diabetes (Snedeker & Gautieri, 2014). Collagen cross-linking in the body occurs via both enzymatic and non-enzymatic pathways, the latter leading to the formation of advanced glycation end products such as pentosidine and glucosepane (Saito & Marumo, 2015). Investigations into the molecular mechanisms underlying the disruption of collagen structure and metabolism in diabetes have highlighted the important role of AGEs in these changes (Picke et al., 2019; Zgutka et al., 2023).

Collagen, a key component of the extracellular matrix, is integral to the structural framework of tissues throughout the body, providing mechanical stability and elasticity. More generally, fibrous polymers are the major

building blocks of all types of supporting tissues, from unicellular organisms in water to plants and animals (Kannus, 2000). Understanding the hierarchical structure of biological materials is therefore key to understanding their mechanical properties (Zhong et al., 2023). The triple helical structure of collagen is key to its biomechanical properties, with different types playing specific roles in tissues ranging from skin and bone to tendons and blood vessels (San Antonio et al., 2020). However, the integrity of collagen is susceptible to disruption by glycation, which can lead to cross-linking and stiffening of fibrils (McKay et al., 2019). Such changes not only compromise the normal function of collagen, but also disrupt the architecture and biomechanics of the tissues it supports, increasing their susceptibility to damage and dysfunction (McKay et al., 2019). Discrete plasticity may be an important physiological mechanism that is pathologically disrupted by the formation of AGE cross-links in diabetes (Bondarenko, 2019). Diabetes may also indirectly affect collagen by disrupting the balance between bone formation and resorption, inflammatory cytokines, the muscle and incretin systems, bone marrow fat content and calcium metabolism, all of which contribute to collagen synthesis and degradation (Palermo et al., 2017; Murray & Coleman, 2019; Wu et al., 2022). The pathological changes in collagen in diabetes mellitus (DM) are driven by elevated blood glucose levels, accumulation of AGEs and increased oxidative stress (Napoli et al., 2017).

The aim of this study was to empirically investigate the effects of ribose-induced glycation on the biomechanical properties of collagen fibrils using atomic force microscopy for precise measurements. A Bioscope Catalyst atomic force microscope (AFM, Bruker, USA) was used for all AFM imaging to study changes in the mechanical properties of individual collagen fibrils. AFM proved to be a valuable tool, allowing quantification at the nanoscale.

Materials and Methods

Ex vivo preparation of collagen fibrils.

Tendon samples were obtained and prepared with great care to ensure the integrity and consistency required for atomic force microscopy analysis. For *in vivo* collagen fibril isolation, a matched pair of common digital extensor (CDE) and superficial digital flexor (SDF) tendons were obtained from bovine leg tendons harvested *post mortem* from an adult steer. Bovine forelimb flexor and extensor tendons serve as models for the study of high-stress, energy-storing and low-stress, position-storing tendons, respectively (Gsell et al., 2023). These tendons were chosen because of their prevalence and accessibility, as well as their relevance to the study of collagen biomechanical properties. The superficial digital flexor (SDF) experiences up to 12% strain as the metacarpo-phalangeal joint is hyperextended during stance, whereas the common digital extensor (CDE) experiences much less strain as it positions the limb during flight (Fig. 1) (Birch, 2007).



Fig. 1. The common digital extensor (CDE) and superficial digital flexor (SDF) tendons

Tendons, which are predominantly composed of aligned type I collagen fibrils, are an excellent model for studying the structure-function relationship of collagen because of their primary role in transmitting tensile force

from muscle to bone (Birch, 2007). This function varies, with a commonly studied example being the contrasting tendons in the forelimbs of large quadrupeds, where the dorsal extensor tendons act as positional tendons for

precise movement control, and the palmar superficial digital flexor tendon functions similarly to the human Achilles tendon, acting as an energy storage unit (Lichtwark & Wilson, 2005). The human Achilles tendon acts similarly to a spring (Lichtwark & Wilson, 2005) and studies have shown that the equine superficial digital flexor (SDF) (Fig. 1) also exhibits spring-like behaviour (Wilson et al., 2001). Designed to withstand higher loads, these energy-storing tendons act like springs, storing and releasing energy to facilitate movement.

After extraction, the tendons were immediately cleaned of any adherent tissue. They were then cut into standardised lengths to ensure uniformity between samples and to facilitate comparative analysis. To prevent degradation of the collagen fibrils, the tendon sections were immediately wrapped in sterile gauze moistened with a cryoprotectant solution to preserve their structural and mechanical properties. This preparation was followed by rapid freezing with liquid nitrogen to further inhibit enzymatic and non-enzymatic degradation processes. The samples were then stored at $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, a temperature that effectively suspends biological activity and maintains the biochemical stability of the tissue for extended periods of time. This storage method is essential to preserve the native characteristics of the collagen fibrils until the time of analysis.

Prior to imaging, the samples were thawed at a controlled rate to prevent the formation of ice crystals, which could potentially disrupt the fibril structure. The collagen fibrils were carefully scraped from the tendon sections using a sterile scalpel blade and then transferred to a special glass-bottom dish designed for use in atomic force microscopy. This dish had been pre-treated to provide an optimal surface for collagen fibril adhesion, thus facilitating high-resolution imaging. The collagen fibrils were prepared under aseptic conditions to avoid any contamination that could interfere with the glycation process or the atomic force microscopy results. The meticulous approach to sample preparation was critical to obtaining the high fidelity data necessary to draw meaningful conclusions about the impact of ribose-induced glycation on the structural and functional properties of collagen.

Glycation Treatment. The experimental setup to induce glycation in collagen fibrils was designed to simulate the non-enzymatic glycation processes that occur in the

pathophysiology of diabetes. The glycation treatment involved incubating collagen fibril samples with ribose to promote the formation of AGEs. A segment of tendon was immediately placed on a Petri dish containing $500\text{ }\mu\text{L}$ Phosphate Buffered Saline (PBS). Collagen fibrils were extracted from the tendon into PBS using a blade and forceps (Mull & Kreplak, 2022). The solution was then discarded, the dish thoroughly rinsed with ultrapure water and dried with nitrogen gas. This process was repeated for two Common Digital Extensor (CDE) and two Superficial Digital Flexor (SDF) samples, each set undergoing ribose incubation for periods of 24 hours and two weeks respectively. After removal of the tendon, the collagen-rich solution was placed in a glass-bottom Petri dish.

For the glycation treatment, the prepared collagen fibrils attached to glass bottom dishes were incubated with 0.3M ribose dissolved in PBS, a buffer solution that maintains a constant pH to mimic physiological conditions. The concentration of ribose was chosen based on previous research that showed it to be effective in inducing glycation without causing osmotic shock to the tissue samples (Mull & Kreplak, 2022).

Two incubation times were chosen: 24 hours and 2 weeks. The incubations were performed in a temperature-controlled incubator set at $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, slightly above normal physiological temperature, to accelerate the glycation reactions. This temperature was carefully chosen to increase the rate of ribose interaction with the collagen fibrils without denaturing the protein or disrupting the integrity of the fibril structure. The 24-hour period was designed to observe the initial effects of glycation on collagen fibrils and to provide insight into the short-term effects of sugar exposure on the mechanical properties of collagen. The 14-day period, on the other hand, was designed to allow the development of more advanced glycation effects that are more representative of the chronic changes that occur over time in a diabetic state.

Control samples were also prepared by incubating identical collagen fibril preparations in PBS without ribose for the same times. These control samples served as a baseline for assessing the mechanical properties of non-glycated collagen fibrils, allowing a direct comparison to determine the specific effects induced by ribose treatment.

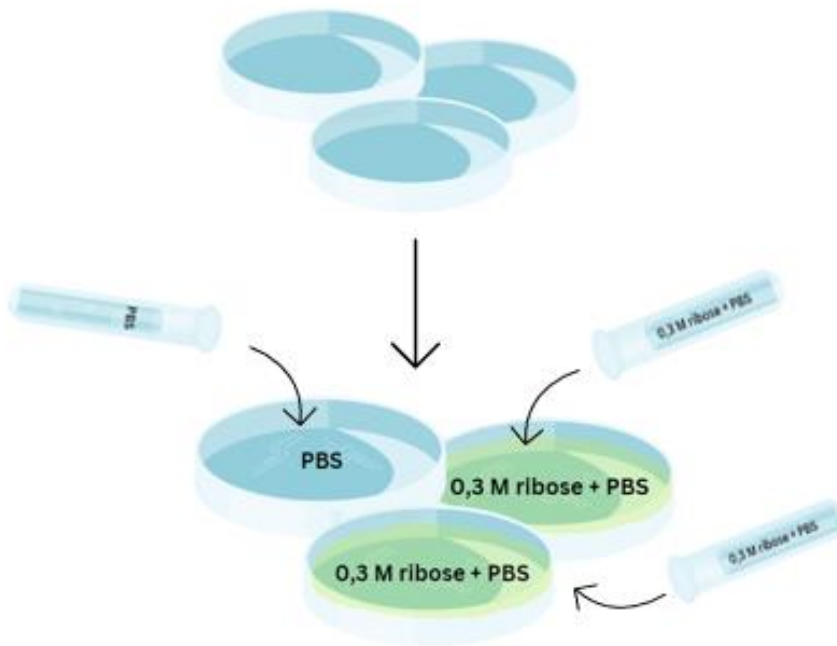


Fig. 2. Design of glycation treatment

A segment of tendon was immediately placed on a Petri dish containing 500 μ L phosphate buffered saline (PBS). Collagen fibrils were extracted from the tendon into PBS using a blade and forceps.

After removing the tendon, the collagen-rich solution was placed in a glass-bottom Petri dish and incubated at room temperature for 30 minutes to allow the fibrils to adhere to the bottom of the dish.

The solution was then discarded, the dish thoroughly rinsed with ultrapure water and dried with nitrogen gas. This process was repeated for two Common Digital Extensor (CDE) and two Superficial Digital Flexor (SDF) samples, each set incubated with 0.3M ribose for periods of 24 hours and two weeks respectively

At the end of each incubation period, the dishes were thoroughly rinsed with PBS to remove any unbound ribose and stop the glycation process. The samples were then immediately processed for analysis of mechanical properties using atomic force microscopy. This systematic approach to glycation treatment ensured reproducibility and reliability of results, providing a robust framework for investigating the influence of glycation on collagen fibrils.

Control Group. The control group in this study played a crucial role in establishing a baseline for assessing collagen fibril properties in the absence of ribose-induced glycation. These control samples were treated with PBS instead of ribose and served several critical functions in the experimental design. Firstly, the control samples were used to determine the native mechanical properties of the collagen fibrils without the influence of glycation. By comparing the elastic modulus of the control collagen fibrils with those treated with ribose, we were able to attribute any

observed changes in stiffness specifically to the glycation process. Secondly, the use of PBS as a control treatment ensured that any potential changes in collagen fibril properties were not simply due to the incubation process or exposure to the incubation medium itself. PBS, which is isotonic and non-reactive with collagen, provided a neutral environment that closely mimicked the natural state of collagen fibrils in the body's extracellular matrix.

The control samples also helped to rule out other variables that could affect the mechanical properties of the collagen. Factors such as changes in temperature, pH and ionic strength of the surrounding medium could potentially alter the behaviour of the fibrils. By keeping these conditions constant and comparable between the ribose-treated and control samples, we ensured that any significant differences could be confidently attributed to the glycation treatment. In addition, the control group served as an important reference for statistical analysis. By establishing the normal variability within the

collagen fibril samples, we were able to use statistical tests to determine whether the differences observed after glycation treatment were beyond the expected natural variation and therefore statistically significant.

In summary, the control group provided an important benchmark against which to measure the effects of ribose-induced glycation on collagen fibril mechanics. This comparison was key to confirming the hypothesis that ribose treatment alters the elastic modulus of collagen fibrils, a finding that is central to the study's contribution to our understanding of the pathophysiological mechanisms in diabetes.

The atomic force microscope (AFM) imaging. A Bioscope Catalyst atomic force microscope (Bruker, USA) was used for all AFM imaging in this study (Baldwin et al., 2020). All AFM cantilevers used in this study were ScanAsyst Fluid cantilevers with a spring constant of 0.7 N/m, resonant frequency of ~150 KHz, tip radius of 600 nm. Prior to imaging, the deflection sensitivity of each cantilever was determined by calibration against fused silica using a single force/indentation curve measurement. Peak force quantitative nanomechanical mapping (PF-QNM) was used for all AFM imaging, with an indentation speed of 1.2 mm/s and a peak force of 10 nN. This method produced images consisting of a 256 × 256 array of force-displacement curves, providing a high-resolution mechanical property map of the local properties of the collagen fibril (Baldwin et al., 2014).

AFM can measure Young's modulus - a parameter that indicates stiffness - and detect the subtle changes that occur in collagen as a result of glycation. This precision positions AFM as an indispensable technology for elucidating the material consequences of diabetes at the molecular level, providing insights critical to understanding the progression of diabetic complications and guiding the development of targeted therapies. The use of AFM in this context not only enriches our understanding of the biophysical changes associated with diabetes, but also bridges the gap between cellular biochemistry and clinical manifestations. Through the lens of this advanced imaging technique, the current study aims to add a nuanced perspective to the body of knowledge on diabetes-related tissue changes.

Statistical Analysis. One-way analysis of variance (ANOVA) was used to assess the significance of the observed changes in modulus between the treated and control groups. This statistical test is used to compare the means of three or more independent (unrelated) groups to determine whether at least one group mean is statistically different from the others. In the context of our study, one-way ANOVA was particularly useful in determining whether the differences in stiffness between ribose-treated and control collagen fibrils were due to the glycation treatment rather than chance.

ANOVA was performed separately for CDE and SDF fibrils at each time point to compare control samples exposed to PBS with those exposed to ribose for both 24 hours and the longer period of 2 weeks. The F-statistic generated from the ANOVA was used to determine whether there was a statistically significant difference in modulus between groups.

The p-values obtained from the one-way ANOVA provided a measure of the evidence against the null hypothesis that there were no differences in mean modulus values between groups. The results were highly significant for all comparisons made. For CDE fibrils, the p-values were 5.67135E-45 for the 24-hour comparison and 3.31950131710119E-76 for the 2-week comparison, both well below the commonly accepted significance level of 0.05. Similarly, for SDF fibrils, p-values were 1.53202E-24 for the 24-hour comparison and 5.79670553315805E-38 for the 2-week comparison, also indicating a significant difference due to ribose treatment.

The extremely low p-values imply a high degree of confidence in the observed increases in elastic modulus of collagen fibrils following ribose exposure, confirming that the changes are not the result of random variation within the sample set. These statistical results support the hypothesis that ribose-induced glycation has a quantifiable effect on the mechanical properties of collagen fibrils and validate the experimental approach used in this study. By providing a robust statistical basis, the analysis not only strengthens the findings of this study, but also lays the groundwork for further research into the effects of glycation on collagen in the broader context of diabetes-related tissue pathology.

Results

The study of ribose-induced glycation effects on collagen fibrils was centrally quantified by measuring changes in elastic modulus, a parameter that defines the stiffness of a material. The elastic modulus of both Common Digital Extensor (CDE) and Superficial Digital Flexor (SDF) collagen fibrils showed significant changes following ribose exposure, indicating a glycation-induced stiffening effect. We used the Sneddon model including adhesion to fit each force curve and extract the modulus in the radial direction (Maugis & Barquins, 1978). The set of 30 measurements highlights the changes in mechanical properties due to glycation and can serve as a significant indicator of the biophysical changes that occur within collagen under diabetic-like conditions. In our study, we extracted each force curve in SPIP V.6.3.0.

As an example, we have provided two force curves, as shown in Figure 3, which shows how the force curves appear in the SPIP software and summarises the statistical analysis of the force curve results obtained from a series of experiments, with the analysis carried out using the SPIP software version 6.3.0 (Table 1).

a) Mean: The mean of the force measurements across the samples is 1.07E+08 Pa, suggesting that this is the typical stiffness encountered;

b) SD (Standard Deviation): The value of 1.55E+08 Pa indicates a wide spread in the data, indicating a significant variability in the stiffness of the samples measured. This could indicate differences in the degree of glycation or structural heterogeneity of the collagen fibrils tested;

c) Maximum: The highest value recorded in the data set is 5.42E+08 Pa, which represents the maximum level of stiffness observed in the tendon samples tested;

d) Minimum: The lowest force measured is 4.42E+05 Pa, which is the lowest stiffness of all samples;

e) Cnt (count): A total of 30 measurements or samples were included in this statistical analysis, providing the data set for these calculated values.

Table 1 summarises the statistical analysis of the results of the force curves obtained from a series of tests carried out using SPIP version 6.3.0.

Table 1

The statistical analysis of the results of the force curves obtained from a series of tests

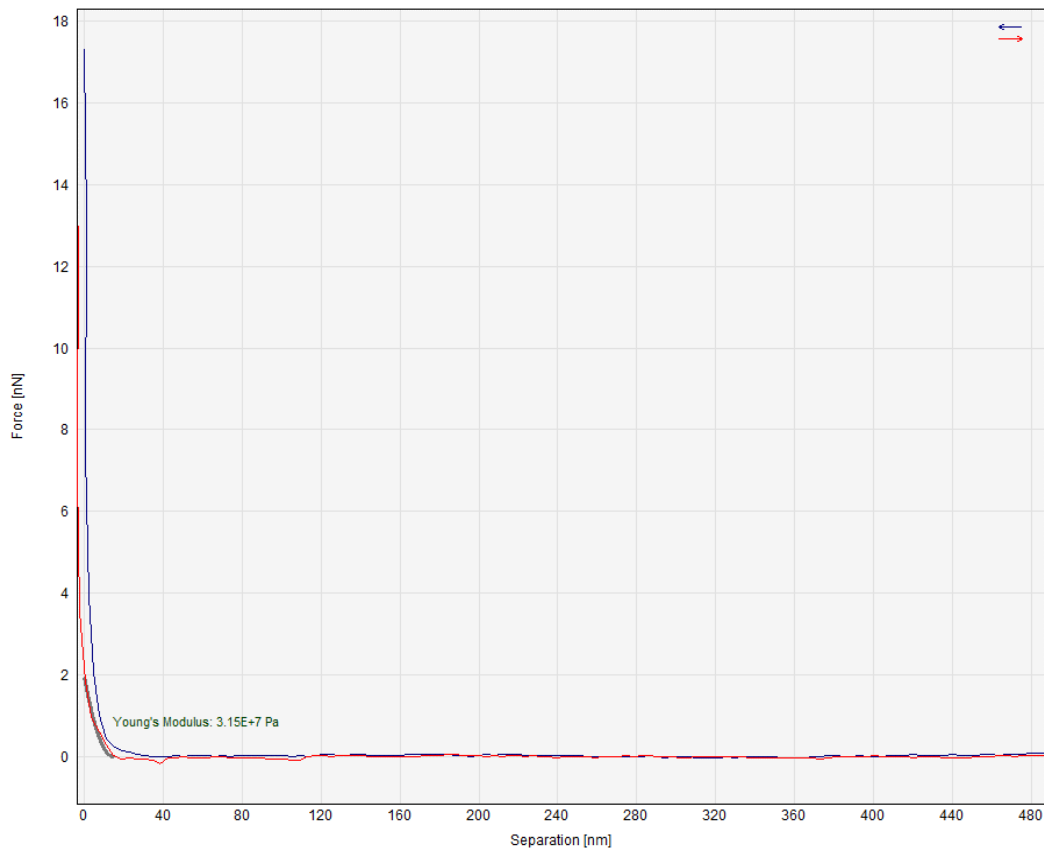
Force Curve Results and Statistics (Calculated by SPIP V.6.3.0)	
Mean	1.07E+08
SD	1.55E+08
Maximum	5.42E+08
Minimum	4.42E+05
Cnt	30

An example of force curve analyses performed on samples of digital extensor tendon treated with ribose for 2 weeks, calculated by SPIP V.6.3.0, showing Young's modulus values of 3.15E+7 Pa and 7.71E+6 Pa, is shown in Fig. 3. This data reflects the variation in mechanical properties after treatment, which is indicative of the effect of glycation

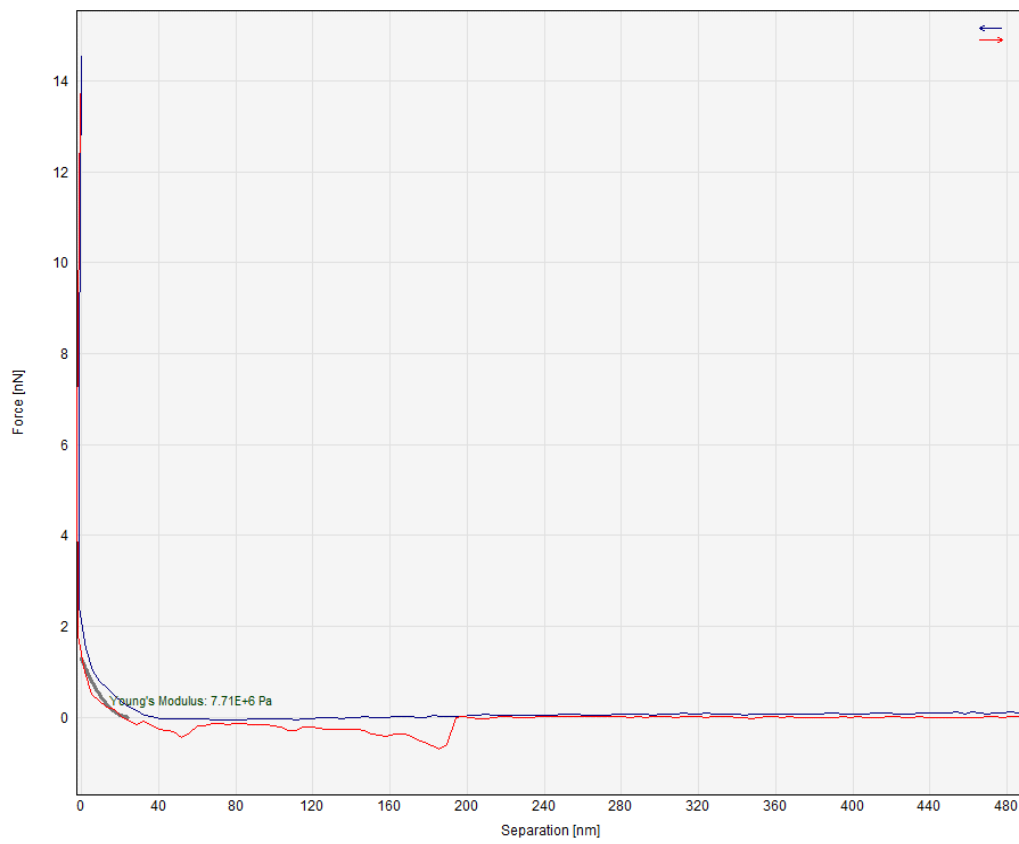
Fig. 3 shows the mechanical response of the collagen fibres within the tendon when subjected to an applied force, as characterised by atomic force microscopy. These two force curves show the resistance of the collagen fibres

to deformation. This level of modulus suggests significant changes in the mechanical properties of the collagen, reflecting the changes that occur in diabetic complications.

Fig. 3 summarizes the force curve results, highlighting a mean stiffness of 1.07E+8 Pa and SD, reflecting the variability within the data set. The maximum stiffness recorded is 5.42E+8 Pa, indicating the magnitude of the stiffening effect, while the minimum stiffness is much lower at 4.42E+5 Pa, indicating a wide range of mechanical responses between samples.



A



B

Fig. 3. The mechanical response of the collagen fibres within the tendon

Fig. 4 shows a visual image of a CDE tendon sample after ribose exposure.

For the CDE fibrils, there was a marked increase in elastic modulus after glycation. The modulus values increased from 1.28 MPa in the PBS control to 2.51 MPa after 24 hours of ribose exposure, representing an increase in stiffness of approximately 95.5 %. This stiffening effect was more pronounced after 2 weeks of ribose exposure, with the modulus increasing further to 3.37 MPa, an increase of 163 % over the initial control measurements (Table 2, Fig. 5).

Table 2 summarises the results for the elastic modulus of collagen fibrils from the common digital extensor (CDE) tendon after treatments simulating glycation. Initially measured at 1.28 MPa in PBS, the modulus almost doubled to 2.51 MPa after 24 hours in ribose solution, indicating increased stiffness. On prolonged exposure to ribose for two weeks, the stiffness increased further to 3.37 MPa. The standard deviation also increased with ribose treatment, suggesting greater variability in fibril properties due to glycation.

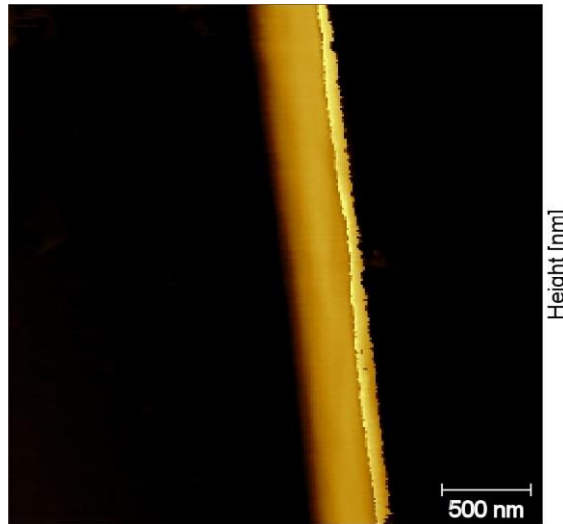


Fig. 4. CDE tendon sample exposed to ribose for 2 weeks

Table 2

The modulus values for CDE fibrils after 24 hours and 2 weeks of exposure to ribose

CDE	Treatment	Duration of incubation	Modulus (MPa)	SD in (Mpa)
	Control	24 hours	1.28	0.622
	Ribose	24 hours	2.51	0.938
	Ribose	2 weeks	3.37	1.12

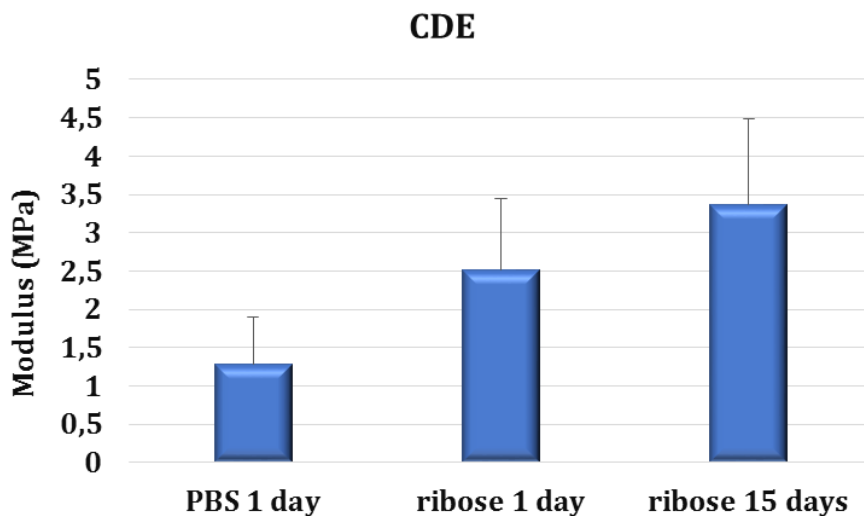


Fig. 5. Elastic modulus response of CDE tendons to ribose incubation after 24 hours and 2 weeks of exposure

Similarly, SDF fibrils showed a significant increase in elastic modulus after ribose treatment, reflecting an increase in stiffness that exceeded that of CDE fibrils. From a baseline modulus of 1.52 MPa in the PBS control, SDF fibrils reached 3.17 MPa after 24 hours exposure to ribose - an increase of 108.5 %. Over the extended 2-week period, the modulus increased slightly to 3.35 MPa, an increase of 120 % over control fibrils (Table 3, Fig. 6).

Accompanying these values, the standard deviation (SD) in MPa also increased with the duration of ribose exposure, suggesting that the variability in the mechanical properties of the fibrils may increase as glycation progresses. This may reflect the progressive and heterogeneous nature of the glycation process in different fibrils.

Table 3

The modulus values for SDF fibrils after 24 hours and 2 weeks of exposure to ribose

	Treatment	Duration of incubation	Modulus (MPa)	SD (MPa)
SDF	PBS	24 hours	1.52	1.51
	Ribose	24 hours	3.17	0.995
	Ribose	2 weeks	3.35	0.398

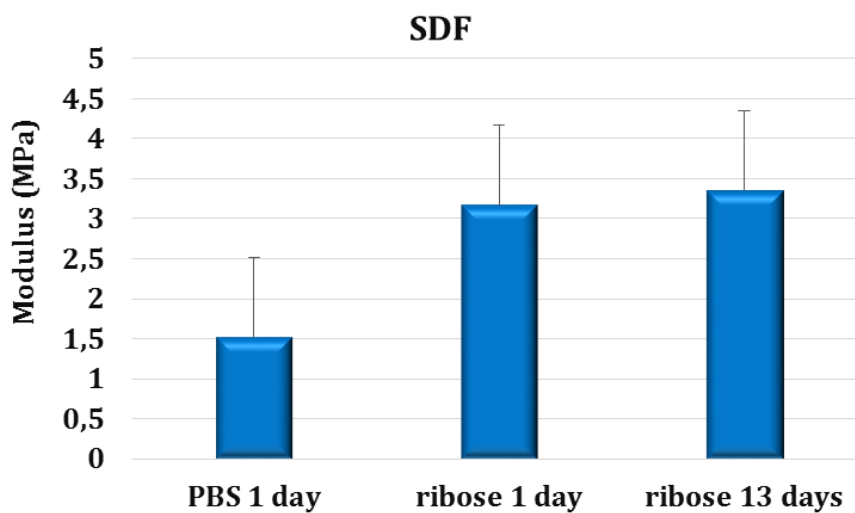


Fig. 6. Elastic modulus response of SDF tendons to ribose incubation after 24 hours and 2 weeks of exposure

Table 4 provides data on superficial digital flexor (SDF) tendon collagen fibrils, detailing the changes in elastic modulus after different durations of glycation treatment. Control fibrils in PBS have a baseline modulus of 1.52 MPa, which increases significantly to 3.17 MPa after 24 hours in ribose solution, demonstrating a marked initial response to glycation. After two weeks of exposure to ribose, the modulus shows a slight increase to 3.35 MPa. The decreasing standard deviation over time suggests a homogenisation of the mechanical response of the fibrils to prolonged glycation.

The time-dependent nature of these changes revealed a rapid initial response to ribose-induced glycation within the first 24 hours, followed by a gradual progression of stiffness over the following days. Notably, SDF fibrils showed a more rapid increase in Young's modulus after the initial 24-hour ribose exposure compared to CDE fibrils, which may correlate with fibril height. This difference suggests that fibril anatomy may influence the rate at which glycation alters the mechanical properties of collagen.

Fig. 7 summarises the differences in modulus between samples incubated in ribose

for 1 day and 2 weeks. The results show that the 1-day incubation samples have a statistically significant increase in Young's modulus, as indicated by the asterisks representing high levels of significance. In contrast, the differences between the control samples and the 2 weeks incubation samples and between the 1 day and

2 weeks incubation samples are not statistically significant, as indicated by the absence or fewer asterisks. This suggests that while short term ribose incubation significantly stiffens collagen fibrils, extending the incubation to two weeks does not result in a significant increase in stiffness over the 1-day incubation.

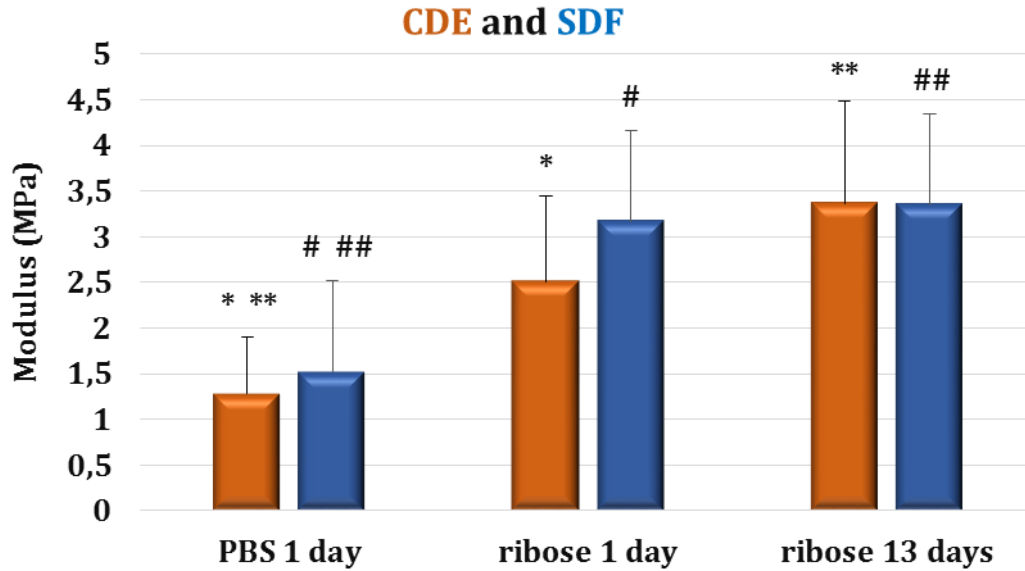


Fig. 7. Differences in elastic modulus between samples incubated for 24 hours in PBS and for 1 day and 2 weeks in ribose

- *– changes are statistically significant ($p < 0.05$) between CDE samples incubated for 24 hours in PBS and for 1 day in ribose;
- **– changes are statistically significant ($p < 0.05$) between CDE samples incubated for 24 hours in PBS and for 14 days in ribose;
- #– changes are statistically significant ($p < 0.05$) between SDF samples incubated for 24 hours in PBS and for 1 day in ribose;
- ##– changes are statistically significant ($p < 0.05$) between SDF samples incubated for 24 hours in PBS and for 14 days in ribose.

We also extracted the fibre profile using Gwyddion to see if there was any correlation between fibre height and stiffening rate. However, the analysis indicated that fibre height did not appear to have a direct correlation with stiffening rate. This suggests that the mechanical changes leading to

increased stiffness in the collagen fibres due to glycation are not necessarily related to the vertical dimension of the fibres as captured by AFM imaging (Table 4, Table 5).

AFM imaging and Gwyddion profile extraction of CDE and SDF collagen fibres are shown in Tables 4 and 5, Fig. 8-11.

Table 4

Mean and root mean square (Rms) or Rq value of the CDE tendon sample exposed to ribose for 2 weeks

Diameter	
Mean value, nm	Rms (Rq), nm
187.8	3.731
202.3	2.389

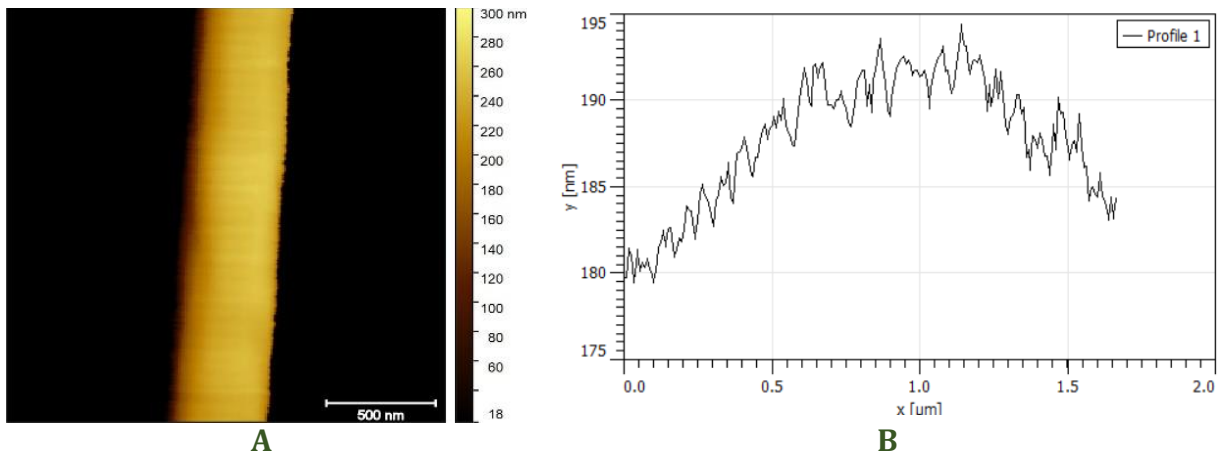


Fig. 8. CDE tendon sample exposed to ribose for 2 weeks (A) and the profile image of the CDE tendon sample extracted at Gwyddion (B)

The profile image of the CDE tendon sample extracted at Gwyddion shows the topography of a collagen fibril incubated for 2 weeks. The mean height value, or mean diameter, is 187.8 nm, indicating the mean

thickness of the fibril. The root mean square (Rms) or Rq value of 3.731 nm measures the texture or roughness of the fibril surface – this is a relatively low value, indicating that the fibril surface is relatively smooth.

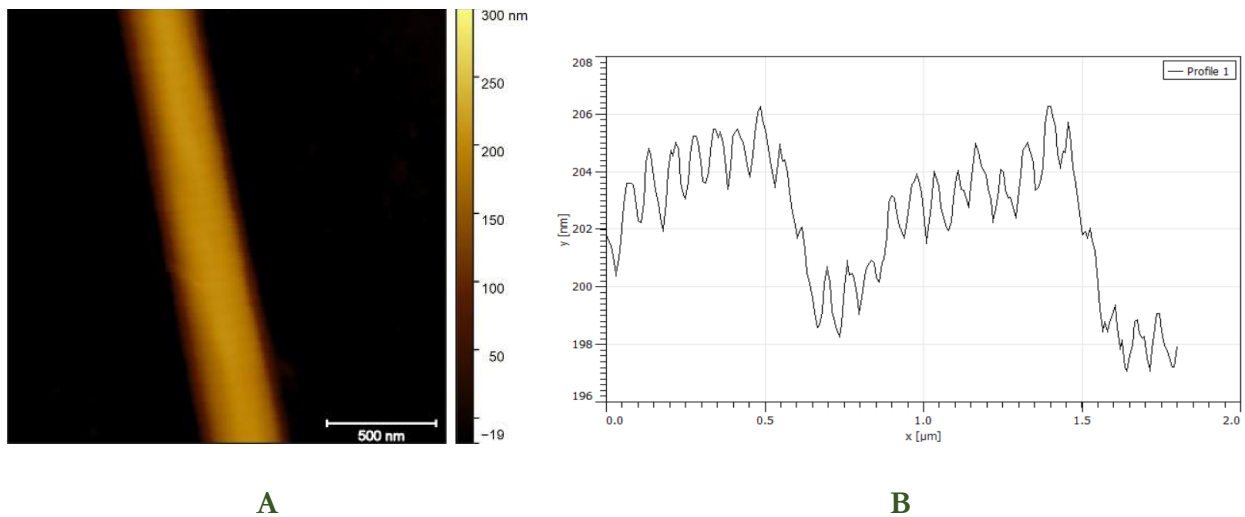


Fig. 9. CDE tendon sample exposed to ribose for 2 weeks (A) and profile image extracted in Gwyddion of the CDE fibre with mean diameter of 202.3 nm and root mean square 2.389 (B)

Table 5

Mean and root mean square (Rms) or Rq value of the CDE tendon sample exposed to ribose for 2 weeks

Diameter	
Mean value, nm	Rms (Rq), nm
25.00	2.053
242.2	3.601

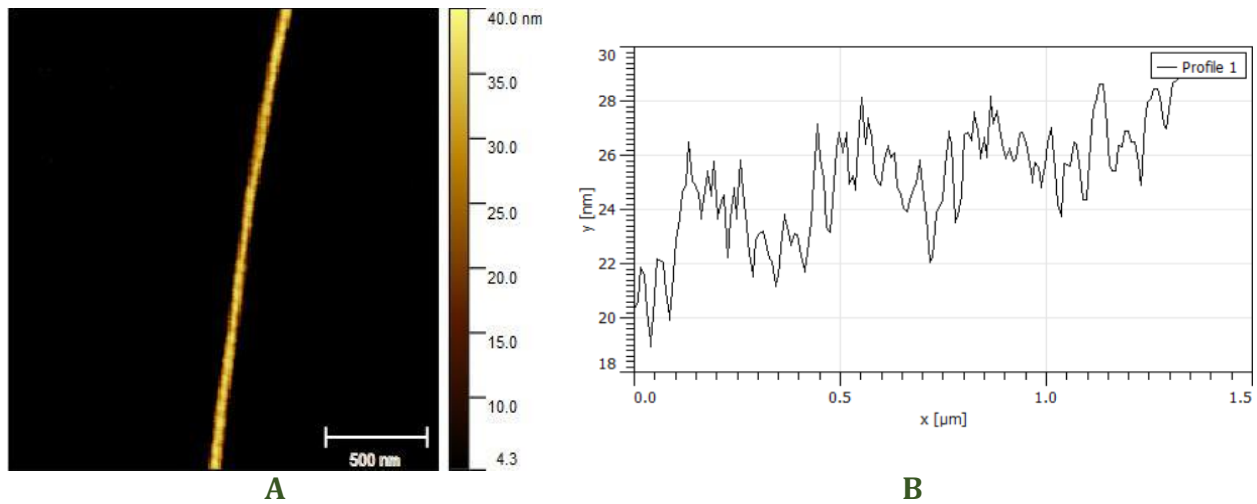


Fig. 10. SDF tendon sample exposed to ribose for 2 weeks (A) and the profile image extracted in Gwyddion of the SDF fibre with the mean diameter value of 25.00 nm, indicating the average thickness of the fibril. The root mean square (Rms) or Rq value is 2,053 nm (B)

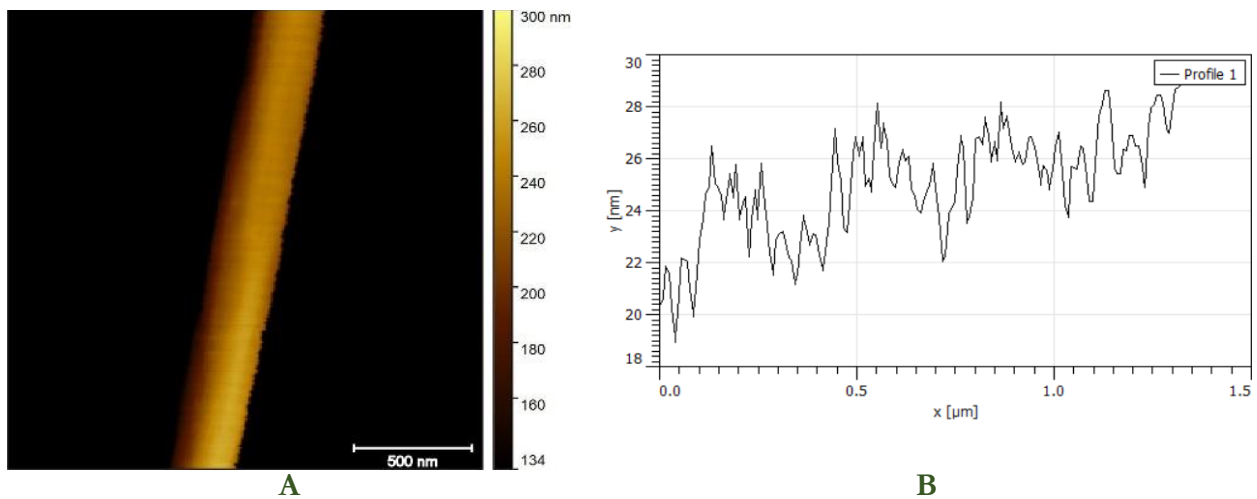


Fig. 11. SDF tendon sample exposed to ribose for 2 weeks (A) and the profile image extracted in Gwyddion of an SDF fibre with a mean diameter of 242.2 nm, indicating the mean thickness of the fibril. The root mean square (Rms) or Rq value is 3.601 nm (B)

These observations are important because they elucidate the process by which glycation affects collagen fibrils over time. Incubation in ribose provides an accelerated model system for studying the consequences of non-enzymatic glycosylation and may reveal trends that become important in human ageing and diabetes (Bai et al., 1992). The different responses between CDE and SDF fibrils highlight the potential variability in how different collagen-containing tissues may be affected by glycation in the context of DM. The findings provide a basis for understanding the biomechanical consequences of glycation on connective tissue and have profound implications for the management and treatment

of diabetic complications where collagen integrity is compromised.

The experimental results revealed interesting differential responses to ribose-induced glycation between Common Digital Extensor (CDE) and Superficial Digital Flexor (SDF) fibrils. In particular, SDF fibrils showed a significantly more pronounced stiffening effect than CDE fibrils after the initial 24-hour ribose exposure. This divergence in the rate of stiffening provides insight into the potential variability of glycation effects between different collagen fibril types.

For CDE fibrils, the increase in elastic modulus after ribose exposure was substantial, but not as immediate or pronounced as for SDF fibrils. The CDE fibrils showed a 95.5 % increase

in stiffness after 24 hours of ribose exposure and a 163 % increase over two weeks. In contrast, SDF fibrils showed an even more significant stiffening of 108.5 % within the first 24 hours, which plateaued at a 120 % increase by the end of the two-week period (Fig. 6 and 7).

Several hypotheses may explain the observed differences in glycation rate and resulting mechanical changes between CDE and SDF fibrils. One consideration is the structural variance inherent in the two tendon types. The SDF tendons, which are typically slenderer than CDE tendons, may have allowed for more rapid diffusion of ribose molecules throughout the tissue, facilitating a more rapid glycation process. This could be due to the difference in surface area to volume ratio, which is higher in slender SDF fibrils, promoting more extensive contact with the glycation agent. Another factor may be the differences in collagen fibril density and cross-linking patterns within the two types of tendon, which may affect the accessibility of amino groups in the collagen available for the Maillard reaction – the chemical process underlying glycation. In addition, different tendons may have different compositions of collagen types, which may influence their susceptibility to glycation-induced cross-linking.

In addition, the presence of other non-collagenous proteins or differences in extracellular matrix composition between the two tendon types could influence the rate and extent of glycation. These proteins could either facilitate or inhibit the interaction between glucose and collagen, thereby altering the kinetics of glycation. Understanding the specific factors that drive these different responses is crucial, as it may shed light on the underlying mechanisms by which diabetes mellitus differentially affects different tissues in the body. It also has potential implications for targeted therapeutic strategies aimed at protecting tissues that are more susceptible to glycation-induced damage in diabetic patients.

Discussion

Effects of ribose-induced glycation. The discovery of ribose-induced glycation on bovine collagen fibrils has important implications for our understanding of diabetes-related changes in human tissues. An important structural consequence of hyperglycaemia is an increase in the accumulation of advanced glycation end

products (AGEs) in collagenous tissues (Lee & Veres, 2019). It leads to the formation of AGEs, which can compromise the structural and functional integrity of collagen, which in turn affects the biomechanics of connective tissue (Fessel et al., 2014).

The observed increase in the elastic modulus of collagen fibrils due to ribose treatment in our study provides a model for the pathophysiological processes that may occur in human diabetic conditions. This stiffening effect, indicative of AGE-induced cross-linking, is consistent with the biomechanical changes reported in diabetic tissues (Lee & Veres, 2019). For example, thickening and stiffening of the basement membrane of small blood vessels, a common complication of diabetes, may be due in part to glycation of collagen and other matrix components (Singh et al., 2014).

The results also show that glycation can have different effects depending on the type of collagen fibrils involved. In the context of diabetes, this suggests that some tissues may be more susceptible to damage due to their unique structural properties, which may influence the rate and extent of glycation (Fournet et al., 2018). For example, the more pronounced stiffening of SDF fibrils observed in our study may reflect a similar vulnerability in comparable human tissues, potentially leading to more significant complications in certain organs or systems.

In addition, the correlation between glycation and increased collagen stiffness highlights the potential for impaired tissue elasticity and function. In people with DM, this can manifest as reduced joint mobility, reduced skin elasticity and increased susceptibility to injury (Mendes et al., 2017; David et al., 2023). Glycation-induced changes in collagen could also affect the progression of chronic wounds, a common and serious complication of diabetes, by altering the wound healing environment through changes in the mechanical properties of the extracellular matrix (Liao et al., 2009; Patel et al., 2019).

The implications of our study go beyond the immediate effects on collagen to a broader understanding of how tissue biomechanics are altered in diabetes. Understanding the glycation process and its effects on collagen may lead to the development of targeted therapies to mitigate these effects. Such interventions could include glycation inhibitors, agents that disrupt

AGE-induced cross-links, or treatments that enhance the natural repair and regeneration of glycated tissues (Younus & Anwar, 2016; Zheng et al., 2022).

In summary, the significance of our study lies not only in its contributions to the basic science of tissue glycation, but also in its potential to influence the clinical approach to diabetes management. By improving our understanding of the molecular mechanisms that drive diabetic complications, we can better target interventions to improve the health of people with diabetes (Eid et al., 2019; Kang & Yang, 2020; Tuttle et al., 2022).

AFM as a tool. The importance of AFM in studying the effects of glycation on collagen lies in its ability to quantify the Young's modulus of individual fibrils under near-physiological conditions. By providing a direct measure of stiffness, AFM helps to elucidate the mechanical consequences of biochemical processes such as glycation on the structure of collagen (Kohn et al., 2015; Kontomaris et al., 2022). The precise data obtained on the response of fibrils to glycation agents such as ribose provide valuable insights into the molecular changes that translate into altered tissue mechanics (Gautieri et al., 2017; Farzadfard et al., 2022).

In addition, AFM's high-resolution force measurements are critical for understanding the heterogeneity within and between collagen fibrils, which is difficult to assess using less sensitive techniques (Han et al., 2017; Gisbert et al., 2021). It can detect subtle variations in stiffness within different areas of a single fibril, as well as between fibrils from different tendon types (Gsell et al., 2023), as shown in the comparison between CDE and SDF samples in this study. This level of granularity is essential to reveal the complex nature of tissue structures and their response to metabolic changes, such as those seen in diabetes. Furthermore, AFM can act as a bridge between molecular biochemistry and mechanical tissue properties by translating the effects of molecular cross-linking seen with AGEs into measurable mechanical outcomes. This bridging function is invaluable for a holistic understanding of the effects of molecular changes at the tissue level, thereby informing the development of pharmacological strategies and biomaterial engineering (Haase & Pelling, 2015; Makarova et al., 2023). In conclusion, AFM is an essential technology in the field of biomechanics and materials science, especially

when applied to biomedical research (Stylianou et al., 2019).

The study of ribose-induced glycation on collagen fibrils from different anatomical sources - the common digital extensor (CDE) and superficial digital flexor (SDF) tendons - has highlighted the impact of anatomical variations on glycation rates and subsequent changes in mechanical properties. These variations are not just a biological curiosity; they have significant clinical relevance as they can inform our understanding of how different tissues in the human body may be differentially affected by the glycation processes characteristic of diabetes (Zgutka et al., 2023).

The anatomical structure of a tendon, including factors such as fibril density, diameter and the specific type of collagen present, can influence how quickly and to what extent glycation occurs (Zhang et al., 2021). In our study, SDF fibrils, which are typically narrower than CDE fibrils, showed more rapid stiffening in response to glycation (Fig. 6-8). This suggests that tissues with a higher surface area to volume ratio may allow faster penetration and diffusion of glucose molecules, leading to faster glycation and cross-linking of collagen (Fu et al., 1994; Sarrigiannidis et al., 2021). In the human body, this could mean that tissues with thinner or more loosely packed collagen fibrils, such as skin or certain types of vasculature, may undergo more rapid glycation and AGE formation, with consequences for their mechanical properties (Fessel et al., 2014; Chen et al., 2022). Conversely, denser and thicker collagenous tissues, such as cartilage or the cornea, may have slower glycation rates, potentially altering the timing and presentation of diabetic complications in these tissues (Gkogkolou & Böhm, 2012; Singh et al., 2014).

The degree of cross-linking induced by glycation also plays a critical role in tissue biomechanics. For example, increased stiffness of blood vessel walls due to glycation can contribute to hypertension and atherosclerosis (Rubin et al., 2012), while similar processes in the skin can lead to reduced elasticity and impaired wound healing (Van Putte et al., 2016; Mieczkowski et al., 2022). The differential response to glycation may therefore partly explain the different susceptibility and progression of diabetic complications in different organs and systems (Chaudhuri et al., 2018). In addition, the interplay between

anatomical structure and glycation is likely to be influenced by other factors, including the presence of enzymes that can facilitate or inhibit AGE formation, variations in local blood supply and glucose concentration, and the turnover rate of collagen in different tissues (Liu et al., 2023; Zgutka et al., 2023).

The implications of these findings highlight the need for a personalised approach to diabetes management. Understanding the different effects of glycation in different tissues could lead to the development of targeted therapeutic strategies that take these anatomical differences into account. For example, treatments could be designed to deliver glycation inhibitors more efficiently to tissues at higher risk of rapid glycation (Jahan & Choudhary, 2015; Chilukuri et al., 2018). In summary, the anatomical variations that affect glycation rates and mechanical properties underscore the complexity of diabetes as a systemic disease with highly individualised effects. Recognising and accounting for these differences are critical steps to improve the prediction, prevention and treatment of diabetes-related complications in different tissue types of the human body (Negre-Salvayre et al., 2009; Khalid et al., 2022).

Link to Diabetes Mellitus. The experimental observations from our study of ribose-induced glycation of collagen fibrils provide profound insights into the clinical manifestations of diabetes mellitus, in particular the structural and functional alterations of collagen in diabetic patients. These findings bridge the gap between changes at the molecular level and their systemic implications, shedding light on the pathophysiological basis of various diabetic complications (Tai et al., 2024).

In diabetes, prolonged hyperglycaemia facilitates non-enzymatic glycation of proteins, including collagen, leading to the accumulation of AGEs. AGEs can simultaneously cause side-chain modifications that alter the charge profile of collagen molecules, their interactions within the fibre, and the function of specific sites responsible for cell-collagen interactions (Bondarenko, 2019; Bansode et al., 2020). This molecular alteration manifests clinically in several ways, reflecting the ubiquitous presence of collagen in body tissues and its central role in maintaining structural integrity and function (Arseni et al., 2018; Zheng et al., 2022).

For example, the increased stiffness of glycated collagen may directly contribute to the vascular complications that are a hallmark of diabetes (Khalid et al., 2022). The vascular basement membrane, which is rich in type IV collagen, becomes thickened and stiff due to glycation, affecting the elasticity of blood vessels (Lee et al., 2022). In addition, the intermolecular and side-chain types of AGE-mediated collagen modification are detrimental to the optimal properties of collagen as a supporting scaffold and a controlling factor in cell-matrix interactions (Bondarenko, 2019). This biomechanical change impedes normal blood flow and increases vascular resistance, leading to hypertension and increased risk of atherosclerosis and cardiovascular disease (Poznyak et al., 2022; Masenga & Kirabo, 2023). Similarly, the skin, which relies on collagen for elasticity and strength, experiences reduced pliability and resilience in people with diabetes (Snedeker & Gautieri, 2014). Glycated collagen impairs the skin's mechanical properties, leading to increased susceptibility to injury, delayed wound healing and a tendency to develop chronic ulcers – common and debilitating complications of diabetes (Monnier et al., 1999; Burgess et al., 2021). In the context of the musculoskeletal system, the altered biomechanical properties of glycated collagen contribute to the joint stiffness and reduced mobility commonly reported in people with diabetes (Adamska et al., 2022; Vaidya et al., 2023). These changes not only reduce quality of life, but also increase the risk of injury and make physical activity more difficult, further complicating diabetes management (Murray & Coleman, 2019). The experimental results also provide a mechanistic understanding of how glycated collagen contributes to the development and progression of diabetic complications. By delineating the process of glycation and its effect on the elastic modulus of collagen, the study provides a model for exploring targeted interventions. These could include the development of pharmacological agents to inhibit AGE formation, break existing AGE bonds or increase the turnover of glycated collagen, thereby reducing the stiffening effect and preserving tissue functionality (Younus & Anwar, 2016).

In summary, the link between experimental findings and the clinical manifestations of diabetes highlights the critical

role of glycated collagen in the pathophysiology of diabetic complications. These findings broaden our understanding of diabetes beyond the metabolic disorders and highlight the importance of addressing the structural and functional changes in collagen to improve clinical outcomes in diabetic patients.

Conclusions and Future Perspectives

This study of the effects of ribose-induced glycation on the elastic modulus of collagen fibrils, as observed by atomic force microscopy, provides important insights into the complex interplay between diabetes mellitus and tissue biomechanics. The key findings – a marked increase in collagen fibril stiffness after glycation and the differential response between the CDE and SDF fibrils – shed light on the molecular mechanisms underlying diabetes-related complications and tissue ageing. The observed stiffening of collagen fibrils after glycation mirrors the structural and functional changes that occur in diabetic patients, providing a molecular perspective on the biomechanical changes that contribute to the systemic effects of the disease.

Looking forward, the results of this study pave the way for several future research directions. Firstly, there is a need to further investigate the specific pathways by which glycation alters the biomechanical properties of collagen in different tissue types. A deeper understanding of these mechanisms may reveal new targets for therapeutic intervention aimed at mitigating the adverse effects of glycation. In addition, the different response to glycation observed between CDE and SDF fibrils prompts further investigation into the role of anatomical and structural factors in glycation susceptibility. Identification of tissues at higher risk of glycation-induced damage could lead to the development of targeted prevention strategies for diabetic complications. In addition, the potential for pharmacological intervention to inhibit glycation processes or enhance AGE degradation offers a promising avenue for mitigating the progression of diabetes-related complications. Future research should focus on identifying and testing compounds that could counteract collagen stiffening and preserve tissue elasticity and function (Jones et al., 2014). Finally, extending this research to human studies would be invaluable. Correlating the experimental findings with clinical outcomes in diabetic patients could validate the relevance

and applicability of the model, ultimately contributing to improved diabetes management and treatment strategies (El-Bahy et al., 2018). In conclusion, this study makes a significant contribution to our understanding of the molecular basis of diabetes-related tissue changes. By bridging the gap between the molecular biochemistry and clinical manifestations of diabetes, it provides a fundamental basis for future research aimed at improving the quality of life of people with diabetes through better prevention, management and treatment of its complications.

Our study has provided new insights into the differential effects of glycation on collagen fibrils, highlighting in particular how fibril dimensions influence the rate and extent of glycation-induced stiffening. This aspect of our research sheds light on an important variable in the process of collagen glycation that has not been thoroughly investigated: the anatomical and structural diversity of collagen fibrils and its impact on diabetes-related complications. The observed variance in glycation response between the Common Digital Extensor (CDE) and Superficial Digital Flexor (SDF) fibrils highlights a critical insight: collagen fibrils of different dimensions, and perhaps structural composition, respond differently to the glycation process. Specifically, SDF fibrils, which are structurally slender compared to CDE fibrils, showed a more pronounced increase in stiffness following ribose exposure, particularly within the first 24 hours. This suggests that fibril size and surface area may significantly influence the efficiency of glycation, with smaller fibrils undergoing more rapid and extensive modification.

This finding is of paramount importance as it suggests that glycation and its subsequent effects on tissue biomechanics may vary significantly between different tissues in the body, depending on the specific characteristics of the collagen fibrils they contain. Such differential glycation could explain the variability in the onset and progression of diabetic complications in different organs and systems, providing a more nuanced understanding of the disease's impact on the body. Furthermore, these insights into the differential effects of glycation based on collagen fibril dimensions open up new avenues for targeted therapeutic intervention. By

understanding which collagen structures are more susceptible to rapid and severe glycation, strategies could be developed to specifically protect these at-risk fibrils, potentially slowing or preventing the progression of certain diabetic complications.

In conclusion, the novel insights from our study into the differential effects of glycation on collagen fibrils of different dimensions enrich the existing knowledge base and provide a more

detailed understanding of the molecular pathology of diabetes. The novel insights gained from our study into the differential effects of glycation on collagen fibrils provide a springboard for many future directions in diabetes research, particularly in the development of therapeutic strategies aimed at mitigating the effects of glycation.

Acknowledgements

The current study was conducted at the Department of Physics and Atmospheric Science, School of Biomedical Engineering, Dalhousie University (Halifax, Nova Scotia, Canada) under the supervision of Prof. Laurent Kreplak.

References

- Adamska, O., Stolarczyk, A., Gondek, A., Maciąg, B., Świderek, J., Czuchaj, P., & Modzelewski, K. (2022). Ligament Alteration in Diabetes Mellitus. *Journal of clinical medicine*, 11(19), 5719. <https://doi.org/10.3390/jcm11195719>.
- Arseni, L., Lombardi, A., & Orioli, D. (2018). From Structure to Phenotype: Impact of Collagen Alterations on Human Health. *International journal of molecular sciences*, 19(5), 1407. <https://doi.org/10.3390/ijms19051407>.
- Bai, P., Phua, K., Hardt, T., Cernadas, M., & Brodsky, B. (1992). Glycation alters collagen fibril organization. *Connective tissue research*, 28(1-2), 1-12. <https://doi.org/10.3109/03008209209014224>.
- Baldwin, S. J., Sampson, J., Peacock, C. J., Martin, M. L., Veres, S. P., Lee, J. M., & Kreplak, L. (2020). A new longitudinal variation in the structure of collagen fibrils and its relationship to locations of mechanical damage susceptibility. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 110, 103849. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103849>.
- Banday, M. Z., Sameer, A. S., & Nissar, S. (2020). Pathophysiology of diabetes: An overview. *Avicenna journal of medicine*, 10(4), 174-188. https://doi.org/10.4103/ajm.ajm_53_20.
- Bansode, S., Bashtanova, U., Li, R., Clark, J., Müller, K. H., Puzkarska, A., Goldberga, I., Chetwood, H. H., Reid, D. G., Colwell, L. J., Skepper, J. N., Shanahan, C. M., Schitter, G., Mesquida, P., & Duer, M. J. (2020). Glycation changes molecular organization and charge distribution in type I collagen fibrils. *Scientific reports*, 10(1), 3397. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60250-9>.
- Birch, H. L. (2007). Tendon matrix composition and turnover in relation to functional requirements. *International journal of experimental pathology*, 88(4), 241-248. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2613.2007.00552.x>.
- Bondarenko, L. (2019). Diabetes and Collagen: Interrelations. *Avicenna Journal of Medical Biochemistry*, 7(2), 64-71. <https://doi.org/10.34172/ajmb.2019.12>.
- Breidenbach, A. P., Gilday, S. D., Lalley, A. L., Dymont, N. A., Gooch, C., Shearn, J. T., & Butler, D. L. (2014). Functional tissue engineering of tendon: Establishing biological success criteria for improving tendon repair. *Journal of biomechanics*, 47(9), 1941-1948. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.10.023>.

- Burgess, J. L., Wyant, W. A., Abdo Abujamra, B., Kirsner, R. S., & Jozic, I. (2021). Diabetic Wound-Healing Science. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 57(10), 1072. <https://doi.org/10.3390/medicina57101072>.
- Chaudhuri, J., Bains, Y., Guha, S., Kahn, A., Hall, D., Bose, N., Gugliucci, A., & Kapahi, P. (2018). The Role of Advanced Glycation End Products in Aging and Metabolic Diseases: Bridging Association and Causality. *Cell metabolism*, 28(3), 337–352. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.08.014>.
- Chen, C. Y., Zhang, J. Q., Li, L., Guo, M. M., He, Y. F., Dong, Y. M., Meng, H., & Yi, F. (2022). Advanced Glycation End Products in the Skin: Molecular Mechanisms, Methods of Measurement, and Inhibitory Pathways. *Frontiers in medicine*, 9, 837222. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.837222>.
- Chilukuri, H., Kulkarni, M. J., & Fernandes, M. (2018). Revisiting amino acids and peptides as anti-glycation agents. *MedChemComm*, 9(4), 614–624. <https://doi.org/10.1039/c7md00514h>.
- Cortet, B., Lucas, S., Legroux-Gerot, I., Penel, G., Chauveau, C., & Paccou, J. (2019). Bone disorders associated with diabetes mellitus and its treatments. *Joint bone spine*, 86(3), 315–320. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2018.08.002>.
- David, P., Singh, S., & Ankar, R. (2023). A Comprehensive Overview of Skin Complications in Diabetes and Their Prevention. *Cureus*, 15(5), e38961. <https://doi.org/10.7759/cureus.38961>.
- Eid, S., Sas, K. M., Abcouwer, S. F., Feldman, E. L., Gardner, T. W., Pennathur, S., & Fort, P. E. (2019). New insights into the mechanisms of diabetic complications: role of lipids and lipid metabolism. *Diabetologia*, 62(9), 1539–1549. <https://doi.org/10.1007/s00125-019-4959-1>.
- El-Bahy, A. A. Z., Aboulmagd, Y. M., & Zaki, M. (2018). Diabetex: A novel approach for diabetic wound healing. *Life sciences*, 207, 332–339. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.06.020>.
- Farzadfard, A., König, A., Petersen, S. V., Nielsen, J., Vasili, E., Dominguez-Mejide, A., Buell, A. K., Outeiro, T. F., & Otzen, D. E. (2022). Glycation modulates alpha-synuclein fibrillization kinetics: A sweet spot for inhibition. *The Journal of biological chemistry*, 298(5), 101848. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2022.101848>.
- Fessel, G., Li, Y., Diederich, V., Guizar-Sicairos, M., Schneider, P., Sell, D. R., Monnier, V. M., & Snedeker, J. G. (2014). Advanced glycation end-products reduce collagen molecular sliding to affect collagen fibril damage mechanisms but not stiffness. *PloS one*, 9(11), e110948. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110948>.
- Fournet, M., Bonté, F., & Desmoulière, A. (2018). Glycation Damage: A Possible Hub for Major Pathophysiological Disorders and Aging. *Aging and disease*, 9(5), 880–900. <https://doi.org/10.14336/AD.2017.1121>.
- Fu, M. X., Wells-Knecht, K. J., Blackledge, J. A., Lyons, T. J., Thorpe, S. R., & Baynes, J. W. (1994). Glycation, glycooxidation, and cross-linking of collagen by glucose. Kinetics, mechanisms, and inhibition of late stages of the Maillard reaction. *Diabetes*, 43(5), 676–683. <https://doi.org/10.2337/diab.43.5.676>.
- Gautieri, A., Passini, F. S., Silván, U., Guizar-Sicairos, M., Carimati, G., Volpi, P., Moretti, M., Schoenhuber, H., Redaelli, A., Berli, M., & Snedeker, J. G. (2017). Advanced glycation end-products: Mechanics of aged collagen from molecule to tissue. *Matrix biology: journal of the International Society for Matrix Biology*, 59, 95–108. <https://doi.org/10.1016/j.matbio.2016.09.001>.

- Gisbert, V. G., Benaglia, S., Uhlig, M. R., Proksch, R., & Garcia, R. (2021). High-Speed Nanomechanical Mapping of the Early Stages of Collagen Growth by Bimodal Force Microscopy. *ACS nano*, 15(1), 1850–1857. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c10159>.
- Gkogkolou, P., & Böhm, M. (2012). Advanced glycation end products: Key players in skin aging? *Dermato-endocrinology*, 4(3), 259–270. <https://doi.org/10.4161/derm.22028>.
- Gsell, K. Y., Veres, S. P., & Kreplak, L. (2023). Single collagen fibrils isolated from high stress and low stress tendons show differing susceptibility to enzymatic degradation by the interstitial collagenase matrix metalloproteinase-1 (MMP-1). *Matrix biology plus*, 18, 100129. <https://doi.org/10.1016/j.mplus.2023.100129>.
- Haase, K., & Pelling, A. E. (2015). Investigating cell mechanics with atomic force microscopy. *Journal of the Royal Society, Interface*, 12(104), 20140970. <https://doi.org/10.1098/rsif.2014.0970>.
- Han, B., Nia, H. T., Wang, C., Chandrasekaran, P., Li, Q., Chery, D. R., Li, H., Grodzinsky, A. J., & Han, L. (2017). AFM-Nanomechanical Test: An Interdisciplinary Tool That Links the Understanding of Cartilage and Meniscus Biomechanics, Osteoarthritis Degeneration, and Tissue Engineering. *ACS biomaterials science & engineering*, 3(9), 2033–2049. <https://doi.org/10.1021/acsbomaterials.7b00307>.
- Jahan, H., & Choudhary, M. I. (2015). Glycation, carbonyl stress and AGEs inhibitors: a patent review. *Expert opinion on therapeutic patents*, 25(11), 1267–1284. <https://doi.org/10.1517/13543776.2015.1076394>.
- Jones, M. S., Rivera, M., Puccinelli, C. L., Wang, M. Y., Williams, S. J., & Barber, A. E. (2014). Targeted amino acid supplementation in diabetic foot wounds: pilot data and a review of the literature. *Surgical infections*, 15(6), 708–712. <https://doi.org/10.1089/sur.2013.158>.
- Kanazawa, I. (2017). Interaction between bone and glucose metabolism [Review]. *Endocrine journal*, 64(11), 1043–1053. <https://doi.org/10.1507/endocrj.EJ17-0323>.
- Kang, Q., & Yang, C. (2020). Oxidative stress and diabetic retinopathy: Molecular mechanisms, pathogenetic role and therapeutic implications. *Redox biology*, 37, 101799. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101799>.
- Kannus, P. (2000). Structure of the tendon connective tissue. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 10(6), 312–320. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2000.010006312.x>.
- Khalid, M., Petroianu, G., & Adem, A. (2022). Advanced Glycation End Products and Diabetes Mellitus: Mechanisms and Perspectives. *Biomolecules*, 12(4), 542. <https://doi.org/10.3390/biom12040542>.
- Kohn, J. C., Lampi, M. C., & Reinhart-King, C. A. (2015). Age-related vascular stiffening: causes and consequences. *Frontiers in genetics*, 6, 112. <https://doi.org/10.3389/fgene.2015.00112>.
- Kontomaris, S. V., Stylianou, A., & Malamou, A. (2022). Atomic Force Microscopy Nanoindentation Method on Collagen Fibrils. *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(7), 2477. <https://doi.org/10.3390/ma15072477>.
- Lee, J. M., & Veres, S. P. (2019). Advanced glycation end-product cross-linking inhibits biomechanical plasticity and characteristic failure morphology of native tendon. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 126(4), 832–841. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00430.2018>.

- Lee, J., Yun, J. S., & Ko, S. H. (2022). Advanced Glycation End Products and Their Effect on Vascular Complications in Type 2 Diabetes Mellitus. *Nutrients*, 14(15), 3086. <https://doi.org/10.3390/nu14153086>.
- Liao, H., Zakhaleva, J., & Chen, W. (2009). Cells and tissue interactions with glycated collagen and their relevance to delayed diabetic wound healing. *Biomaterials*, 30(9), 1689–1696. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2008.11.038>.
- Lichtwark, G. A., & Wilson, A. M. (2005). *In vivo* mechanical properties of the human Achilles tendon during one-legged hopping. *The Journal of experimental biology*, 208(Pt 24), 4715–4725. <https://doi.org/10.1242/jeb.01950>.
- Liu, J., Pan, S., Wang, X., Liu, Z., & Zhang, Y. (2023). Role of advanced glycation end products in diabetic vascular injury: molecular mechanisms and therapeutic perspectives. *European journal of medical research*, 28(1), 553. <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01431-w>.
- Makarova, N., Lekka, M., Gnanachandran, K., & Sokolov, I. (2023). Mechanical Way To Study Molecular Structure of Pericellular Layer. *ACS applied materials & interfaces*, 15(30), 35962–35972. <https://doi.org/10.1021/acsami.3c06341>.
- Masenga, S. K., & Kirabo, A. (2023). Hypertensive heart disease: risk factors, complications and mechanisms. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 10, 1205475. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1205475>.
- Maugis, D., & Barquins, M. (1978). Fracture mechanics and the adherence of viscoelastic bodies. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 11(14), 1989. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/11/14/011>.
- McKay, T. B., Priyadarsini, S., & Karamichos, D. (2019). Mechanisms of Collagen Crosslinking in Diabetes and Keratoconus. *Cells*, 8(10), 1239. <https://doi.org/10.3390/cells8101239>.
- Mendes, A. L., Miot, H. A., & Haddad, V., Junior (2017). Diabetes mellitus and the skin. *Anais brasileiros de dermatologia*, 92(1), 8–20. <https://doi.org/10.1590/abd1806-4841.20175514>
- Mieczkowski, M., Mrozkiewicz-Rakowska, B., Kowara, M., Kleibert, M., & Czupryniak, L. (2022). The Problem of Wound Healing in Diabetes-From Molecular Pathways to the Design of an Animal Model. *International journal of molecular sciences*, 23(14), 7930. <https://doi.org/10.3390/ijms23147930>.
- Monnier, V. M., Bautista, O., Kenny, D., Sell, D. R., Fogarty, J., Dahms, W., Cleary, P. A., Lachin, J., & Genuth, S. (1999). Skin collagen glycation, glycooxidation, and crosslinking are lower in subjects with long-term intensive versus conventional therapy of type 1 diabetes: relevance of glycated collagen products versus HbA1c as markers of diabetic complications. DCCT Skin Collagen Ancillary Study Group. Diabetes Control and Complications Trial. *Diabetes*, 48(4), 870–880. <https://doi.org/10.2337/diabetes.48.4.870>.
- Mull, V., & Kreplak, L. (2022). Adhesion force microscopy is sensitive to the charge distribution at the surface of single collagen fibrils. *Nanoscale advances*, 4(22), 4829–4837. <https://doi.org/10.1039/d2na00514j>.
- Murray, C. E., & Coleman, C. M. (2019). Impact of Diabetes Mellitus on Bone Health. *International journal of molecular sciences*, 20(19), 4873. <https://doi.org/10.3390/ijms20194873>.
- Napoli, N., Chandran, M., Pierroz, D. D., Abrahamsen, B., Schwartz, A. V., Ferrari, S. L., & IOF Bone and Diabetes Working Group. (2017). Mechanisms of diabetes mellitus-induced bone fragility. *Nature reviews. Endocrinology*, 13(4), 208–219. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.153>.

- Negre-Salvayre, A., Salvayre, R., Augé, N., Pamplona, R., & Portero-Otín, M. (2009). Hyperglycemia and glycation in diabetic complications. *Antioxidants & redox signaling*, 11(12), 3071–3109. <https://doi.org/10.1089/ars.2009.2484>.
- Nichols, A. E. C., Oh, I., & Loiselle, A. E. (2020). Effects of Type II Diabetes Mellitus on Tendon Homeostasis and Healing. *Journal of orthopaedic research: official publication of the Orthopaedic Research Society*, 38(1), 13–22. <https://doi.org/10.1002/jor.24388>.
- No, Y. J., Castilho, M., Ramaswamy, Y., & Zreiqat, H. (2020). Role of Biomaterials and Controlled Architecture on Tendon/Ligament Repair and Regeneration. *Advanced materials (Deerfield Beach, Fla.)*, 32(18), e1904511. <https://doi.org/10.1002/adma.201904511>
- Onursal, C., Dick, E., Angelidis, I., Schiller, H. B., & Staab-Weijnitz, C. A. (2021). Collagen Biosynthesis, Processing, and Maturation in Lung Ageing. *Frontiers in medicine*, 8, 593874. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.593874>.
- Palermo, A., D'Onofrio, L., Buzzetti, R., Manfrini, S., & Napoli, N. (2017). Pathophysiology of Bone Fragility in Patients with Diabetes. *Calcified tissue international*, 100(2), 122–132. <https://doi.org/10.1007/s00223-016-0226-3>.
- Patel, S., Srivastava, S., Singh, M. R., & Singh, D. (2019). Mechanistic insight into diabetic wounds: Pathogenesis, molecular targets and treatment strategies to pace wound healing. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 112, 108615. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.108615>.
- Picke, A. K., Campbell, G., Napoli, N., Hofbauer, L. C., & Rauner, M. (2019). Update on the impact of type 2 diabetes mellitus on bone metabolism and material properties. *Endocrine connections*, 8(3), R55–R70. <https://doi.org/10.1530/EC-18-0456>.
- Poznyak, A. V., Sadykhov, N. K., Kartuesov, A. G., Borisov, E. E., Melnichenko, A. A., Grechko, A. V., & Orekhov, A. N. (2022). Hypertension as a risk factor for atherosclerosis: Cardiovascular risk assessment. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 9, 959285. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.959285>.
- Rubin, J., Nambi, V., Chambless, L. E., Steffes, M. W., Juraschek, S. P., Coresh, J., Sharrett, A. R., & Selvin, E. (2012). Hyperglycemia and arterial stiffness: the Atherosclerosis Risk in the Communities study. *Atherosclerosis*, 225(1), 246–251. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2012.09.003>.
- Saito, M., & Marumo, K. (2015). Effects of Collagen Crosslinking on Bone Material Properties in Health and Disease. *Calcified tissue international*, 97(3), 242–261. <https://doi.org/10.1007/s00223-015-9985-5>.
- San Antonio, J. D., Jacenko, O., Fertala, A., & Orgel, J. P. R. O. (2020). Collagen Structure-Function Mapping Informs Applications for Regenerative Medicine. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 8(1), 3. <https://doi.org/10.3390/bioengineering8010003>.
- Sarrigiannidis, S. O., Rey, J. M., Dobre, O., González-García, C., Dalby, M. J., & Salmeron-Sanchez, M. (2021). A tough act to follow: collagen hydrogel modifications to improve mechanical and growth factor loading capabilities. *Materials today. Bio*, 10, 100098. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2021.100098>.
- Singh, V. P., Bali, A., Singh, N., & Jaggi, A. S. (2014). Advanced glycation end products and diabetic complications. *The Korean journal of physiology & pharmacology: official journal of the Korean Physiological Society and the Korean Society of Pharmacology*, 18(1), 1–14. <https://doi.org/10.4196/kjpp.2014.18.1.1>.

- Snedeker, J. G., & Gautieri, A. (2014). The role of collagen crosslinks in ageing and diabetes – the good, the bad, and the ugly. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 4(3), 303–308.
- Sternberg, M., Cohen-Forterre, L., & Peyroux, J. (1985). Connective tissue in diabetes mellitus: biochemical alterations of the intercellular matrix with special reference to proteoglycans, collagens and basement membranes. *Diabete & metabolisme*, 11(1), 27–50.
- Stylianou, A., Kontomaris, S. V., Grant, C., & Alexandratou, E. (2019). Atomic Force Microscopy on Biological Materials Related to Pathological Conditions. *Scanning*, 2019, 8452851. <https://doi.org/10.1155/2019/8452851>.
- Tai, Y., Zhang, Z., Liu, Z., Li, X., Yang, Z., Wang, Z., An, L., Ma, Q., & Su, Y. (2024). D-ribose metabolic disorder and diabetes mellitus. *Molecular biology reports*, 51(1), 220. <https://doi.org/10.1007/s11033-023-09076-y>.
- Tuttle, K. R., Agarwal, R., Alpers, C. E., Bakris, G. L., Brosius, F. C., Kolkhof, P., & Uribarri, J. (2022). Molecular mechanisms and therapeutic targets for diabetic kidney disease. *Kidney international*, 102(2), 248–260. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2022.05.012>.
- Twarda-Clapa, A., Olczak, A., Białkowska, A. M., & Koziółkiewicz, M. (2022). Advanced Glycation End-Products (AGEs): Formation, Chemistry, Classification, Receptors, and Diseases Related to AGEs. *Cells*, 11(8), 1312. <https://doi.org/10.3390/cells11081312>.
- Vaidya, R., Lake, S. P., & Zellers, J. A. (2023). Effect of Diabetes on Tendon Structure and Function: Not Limited to Collagen Crosslinking. *Journal of diabetes science and technology*, 17(1), 89–98. <https://doi.org/10.1177/19322968221100842>.
- Van Putte, L., De Schrijver, S., & Moortgat, P. (2016). The effects of advanced glycation end products (AGEs) on dermal wound healing and scar formation: a systematic review. *Scars, burns & healing*, 2, 2059513116676828. <https://doi.org/10.1177/2059513116676828>.
- Vithian, K., & Hurel, S. (2010). Microvascular complications: pathophysiology and management. *Clinical medicine (London, England)*, 10(5), 505–509. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.10-5-505>.
- Wilson, A. M., McGuigan, M. P., Su, A., & van Den Bogert, A. J. (2001). Horses damp the spring in their step. *Nature*, 414(6866), 895–899. <https://doi.org/10.1038/414895a>.
- Wu, B., Fu, Z., Wang, X., Zhou, P., Yang, Q., Jiang, Y., & Zhu, D. (2022). A narrative review of diabetic bone disease: Characteristics, pathogenesis, and treatment. *Frontiers in endocrinology*, 13, 1052592. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1052592>.
- Younus, H., & Anwar, S. (2016). Prevention of non-enzymatic glycosylation (glycation): Implication in the treatment of diabetic complication. *International journal of health sciences*, 10(2), 261–277.
- Zgutka, K., Tkacz, M., Tomasiak, P., & Tarnowski, M. (2023). A Role for Advanced Glycation End Products in Molecular Ageing. *International journal of molecular sciences*, 24(12), 9881. <https://doi.org/10.3390/ijms24129881>.
- Zhang, S., Ju, W., Chen, X., Zhao, Y., Feng, L., Yin, Z., & Chen, X. (2021). Hierarchical ultrastructure: An overview of what is known about tendons and future perspective for tendon engineering. *Bioactive materials*, 8, 124–139. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.06.007>.

Zheng, W., Li, H., Go, Y., Chan, X. H. F., Huang, Q., & Wu, J. (2022). Research Advances on the Damage Mechanism of Skin Glycation and Related Inhibitors. *Nutrients*, 14(21), 4588. <https://doi.org/10.3390/nu14214588>

Zhong, J., Huang, W., & Zhou, H. (2023). Multifunctionality in Nature: Structure-Function Relationships in Biological Materials. *Biomimetics (Basel, Switzerland)*, 8(3), 284. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8030284>.

Received: 18.03.2024. **Accepted:** 27.03.2024. **Published:** 20.05.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Topchylo K., Tkaczenko H. Effects of ribose-induced glycation on the elastic modulus of collagen fibrils observed by atomic force microscopy. *Biota. Human. Technology*. 2024. №1. С. 176-199.

Cite this article in APA style as:

Topchylo K., & Tkaczenko H. (2024). Effects of ribose-induced glycation on the elastic modulus of collagen fibrils observed by atomic force microscopy. *Biota. Human. Technology*, 1, 176-199.

Information about the authors:

Topchylo K. [*in Ukrainian: Топчило К.*] ¹, student, email: katerynatopchylo@gmail.com
ORCID: 0009-0001-6207-3921
Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

Tkaczenko H. [*in Ukrainian: Ткаченко Г.*] ², Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3951-9005 *Scopus-Author ID:* 16032082200
Department of Zoology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk
22B Arciszewskiego Street, Słupsk, 76-200, Poland

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

² Manuscript revision.



INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

КЕРІВНИЦТВО ДЛЯ АВТОРІВ



INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

The article is presented in the original language (Ukrainian, Polish, English). The deadline for submitting articles is determined by the person responsible for the issue.

The article must necessarily contain the following elements: statement of the problem in general form and its connection with important scientific or practical tasks; analysis of the main researches and publications on the raised problem; formulation of the purpose of the article; coverage of the theoretical-methodological and/or experimental research procedure with an indication of research methods; presentation of the main research material with justification of the obtained scientific results; research conclusions and prospects for further scientific research.

The text of the article must be carefully checked and edited by the author. An article that is not designed according to the requirements, with semantic, grammatical or stylistic errors, will not be accepted for publication.

WARNING! It is not allowed to use data that was presented in protected dissertation studies, as well as previously published articles.

The approximate length of the article is 10–16 pages of A4 format.

Technical requirements for the preparation of the manuscript of the article:

The manuscript should be submitted in *.doc or *.rtf (MSWord) format: font – Times New Roman, keel – 14, line spacing – 1.5 intervals of the computer standard. Margins: top and bottom – 2 cm, right – 1.5 cm, left – 3 cm. Paragraph – 1.0 cm. Pages are not numbered, text is typed without hyphens.

Structure of the article:

1. UDC index, with a paragraph indent, in the upper left corner of the first page.
2. The next line is the name and surname of the author(s) in English.
3. The next line is the title of the article in English, Ukrainian and Polish (if the article is written in Polish) or in English and Ukrainian (if the article is written in Ukrainian), in capital letters, without paragraph indent, centered. The title should be short (no more than 8 words) and reflect the content of the article.
4. The next line is the abstract in English, Polish (if the article is written in Polish) and Ukrainian (with the word «**ABSTRACT**» in the appropriate language, in the center; the text of the abstract is paragraph indented, aligned with the width of the text, single line spacing). The length is **at least 1,800 characters with spaces**. The abstract should contain the following structural elements highlighted in bold text: **purpose of the work, methodology, scientific novelty, conclusions**.
5. The next line is keywords (the phrase «Key words» in bold, paragraph indented, aligned to the width of the text, single line spacing). No more than five keywords.
6. Through the line – the main text of the article according to the structural elements: **statement of the problem, research results, conclusions**.
7. The text of the article should include references to all references.
References are given in round brackets with the name(s) of the author(s) in chronological order, for example:
one author – Lukash, 2019;
two authors – Tkachuk & Zelena, 2020;
three authors and more – Kurmakova et al., 2021.
Publications without authors are cited in accordance with [APA style](#).

8. Tables, diagrams, figures, diagrams must be author's, not copied from other publications and numbered. They are placed without a paragraph in the center of the page directly after a link to them in the text of the article or on the next page. The word «Table» and its number are written on top aligned to the right, and the name of the table is aligned in the center on the line below. Illustrations (figures, block diagrams, graphs) must be made in one of the graphic editors. Figures can be submitted in color. Flow charts and figures (must be grouped) are additionally provided as separate files in electronic form. Illustrations are signed from the bottom aligned with the center.
9. Formulas and letter designations of quantities are typed in the MathType-Equation editor and presented in text or a separate line without paragraph indent, aligned with the center, numbered with Arabic numerals in round brackets on the right side of the page.
10. After the main text of the article, a list of references is provided. It should contain only those sources to which reference is made in the text. The word «References» is written aligned. References are presented in alphabetical order using the Latin alphabet. References that are originally written in languages using the Latin script are presented in the original language, formatted according to [APA style](#) indicating the language of publication in round brackets. References, which are written in the original language with Cyrillic writing, are presented in two paragraphs as follows: first, the translation into English (not transliteration!), formatted according to [APA style](#), and in the second paragraph – in the original language according to [DSTU 8302:2015. Bibliographic reference. General provisions and rules of compilation](#).

For example:

Tkachuk, N. V., & Zelena, L. B. (2022). Biosafety in the formation of professional competences of bachelors from the courses «Microbiology and virology with the basics of immunology» and «Genetics». *Environmental sciences*, 2(41), 41-145. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.24> (in Ukrainian)

Ткачук Н.В., Зелена Л.Б. Біобезпека при формуванні фахових компетенцій бакалаврів з курсів «Мікробіологія і вірусологія з основами імунології» та «Генетика». *Екологічні науки*. 2022. №2(41). С.141-145. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.24>

11. The following signs are used in the text of the article: quotation marks (« »), apostrophe (’), a dash (–) instead of a hyphen (-). A colon (:) is placed without a space.
12. Words, phrases and sentences in the Latin language in the article are highlighted in italics, regardless of the language of the article.

Examples:

... the plant extract was carried out *in vitro* by the Kirby-Bauer disc...

... are important *in vivo* biomarkers for biomonitoring...

Taxa (all) and syntaxa of vegetation are given only in Latin and highlighted in italics. The author(s) of the taxon or syntaxon should be indicated in normal font at the first mention in each structural part of the article (title, abstracts and keywords in any language, the actual text (body) of the article), as well as captions to tables and figures.

If species belonging to one genus are mentioned in the article, and between these mentions there are no mentions of species of other genera, then after the first writing of the full species name, the name of the species should be given further in the text, shortening the name of the genus to the first letter with a dot. This rule applies within any structural part of the article, as well as captions to tables and figures.

An example of writing the Latin names of taxa and syn taxa in one article:

PLATANUS L. GENUS IN TRANSCARPATHIA

ПІД *PLATANUS* L. НА ЗАКАРПАТТІ

ABSTRACT

... the coexistence of other *Platanus* L. species... *Picea abies* (L.) Karst.

... the study of the genus *Platanus* in the ... as *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd. is a...

... the genus *Platanus* in Transcarpathia will.... *Picea abies*...

The spruce forest communities of the Dnieper part of Eastern Polesie belong to the *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 and *Quercu-Piceetum* (Matuszkiewicz 1952) Matuszkiewicz et Polakowska 1955 associations of the *Piceion excelsae* Pawłowski et al. 1928 alliance of the *Piceetalia excelsae* Pawłowski et al. 1928 order of the *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939 class.

The natural spruce forest of the *Quercu-Piceetum* association...

Key words: introduced plants, *Picea abies* (L.) Karst., *Platanus* L., Transcarpathia

АНОТАЦІЯ

... міжвидових гібридів роду *Platanus* L. ...is *Picea abies* (L.) Karst.

... гібриди роду *Platanus* ... *Picea abies*...

... належить до виду *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd. і має статусу...

Угрупування ялинових лісів придніпровської частини Східного Полісся належать до асоціацій *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 та *Quercu-Piceetum* (Matuszkiewicz 1952) Matuszkiewicz et Polakowska 1955 з союзу *Piceion excelsae* Pawłowski et al. 1928 порядку *Piceetalia excelsae* Pawłowski et al. 1928 класу *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939.

Природний ялиник асоціації *Quercu-Piceetum*...

Ключові слова: Закарпаття, рослини-інтродуценти, *Picea abies* (L.) Karst., *Platanus* L.

Formulation of the problem

In ... two primary progenitors: *Platanus orientalis* L. and *P. occidentalis* L. Additionally, there are several natural hybrid species, including the *P. acerifolia* (Aiton) Willd., *P. cuneata* Willd., *P. digitata* Gord., *P. hispanica* Münchh. and others.

Results and discussion

P. occidentalis also known simply as «sycamore», ..., *Ficus sycómorus* L., which is ... and even the *Acer pseudoplatanus* L....

...*Platanus orientalis* along with...

Fig. 1: *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd (photo by Ivan Dzurenko)

...*P. occidentalis* is notably affected by the fungus *Gloeosporium nervisequum* (Fuckel) Sacc....

... *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 association...

Table. Structure of the *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 association

...*Eu-Piceetum* is formed in an ecotone area ...

... both *Platanus occidentalis* and *P. acerifolia* grew...

... phytocenoses of the *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951 and *Robinietae* Jurko ex Hadač et Sofron 1980 classes are formed...

Conclusions

... Among these species is *P. acerifolia*.

..., phytocenoses of the *Epilobietea angustifolii* class is...

13. After References, information about each author is provided **in English:**

- First line – **Surname, Name [in Ukrainian: Прізвище Ім'я]** ¹[\[i\]](#), position, scientific degree and academic title (if available), e-mail.
- The next line is the mandatory ORCID of the author (the profile must be filled and open for public viewing).
- The next line is the author's ResearcherID (if available), the author's Scopus-AuthorID (if available).
- The next line is an indication of the organization in which the author works.
- The next line is a mandatory indication of the full address of the organization where the author works, indicating the index and country.

14. At the end of the page, the date it was sent to the editorial office of the magazine is indicated.

The article is accompanied by a list of 2-3 potential reviewers (PhD and/or Doctors of Sciences who carry out research in a specialty that corresponds to the topic of the material submitted for publication, and are authors (co-authors) of a total of at least three publications in scientific publications included in category «A» and/or category «B» of the List of scientific specialized publications of Ukraine, and /or in foreign publications indexed in the Web of Science Core Collection and/or Scopus databases for the relevant specialty, published within the last five years) with an indication of their place of work, scientific interests, ORCID and Google Scholar, e-mail.

Submission, publication and access to published articles are free.

The text of the article and additional materials should be sent by e-mail to the address lukash2011@ukr.net or [bht.journal.nuchc@gmail](mailto:bht.journal.nuchc@gmail.com) (indicate the author's last name in the letter).

EDITORS OF THE JOURNAL ARE NOT RESPONSIBLE FOR THE CONTENT OF THE ARTICLES AND MAY NOT SHARE THE OPINION OF THE AUTHOR!

[\[i\]](#)¹ Indicate the contribution of the corresponding (1 – first, 2 – second, etc.) author to the publication choosing from the list: 1) study design, 2) data collection, 3) statistical analysis, 4) manuscript preparation, 5) funds collection.

КЕРІВНИЦТВО ДЛЯ АВТОРІВ

Стаття подається мовою оригіналу (українською, польською, англійською). Терміни подачі статей визначається відповідальним за випуск.

Стаття обов'язково повинна містити такі елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями; аналіз основних досліджень і публікацій з порушеної проблеми; формулювання мети статті; висвітлення процедури теоретико-методологічного та/або експериментального дослідження із зазначенням методів дослідження; виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з дослідження і перспективи подальших наукових розвідок.

Текст статті має бути ретельно перевірений і відредагований автором. Стаття, не оформлена згідно з вимогами, зі смисловими, граматичними чи стилістичними помилками, до друку не приймається.

УВАГА! Не допускається використання даних, які було представлено у захищених дисертаційних дослідженнях, а також опублікованих раніше статтях.

Орієнтовний обсяг статті – 10–16 сторінок формату А4.

Технічні вимоги до оформлення рукопису статті:

Рукопис подавати у форматі *.doc чи *.rtf (MSWord): шрифт – Times New Roman, кегель – 14, відстань між рядками – 1,5 інтервалу комп'ютерного стандарту. Поля: верхнє і нижнє – 2 см, праве – 1,5 см, ліве – 3 см. Абзац – 1,0 см. Сторінки не нумеруються, текст набирається без переносів.

Структура статті:

1. Індекс УДК, з абзацним відступом, у верхньому лівому куті першої сторінки.
2. Наступний рядок – ім'я та прізвище автора (авторів) англійською мовою.
3. Наступний рядок – назва статті англійською, українською та польською (якщо стаття написана польською мовою) або англійською та українською (якщо стаття написана українською мовою), великими буквами, без абзацного відступу, вирівняно центром. Назва має бути короткою (не більше 8 слів) і відображати зміст статті.
4. Наступний рядок – анотація англійською, польською (якщо стаття написана польською) та українською мовами (із зазначенням слова «**АНОТАЦІЯ**» відповідною мовою, по центру; текст анотації з абзацним відступом, вирівняно шириною тексту, інтервал між рядками одинарний). Обсяг – не менше **1800 символів з пробілами**. Анотація повинна містити виділені жирним текстом наступні структурні елементи: **мета роботи, методологія, наукова новизна, висновки**.
5. Наступний рядок – ключові слова (словосполучення «Ключові слова» напівжирним шрифтом, абзацний відступ, вирівняно шириною тексту, інтервал між рядками одинарний). Не більше п'яти ключових слів.
6. Через рядок – основний текст статті відповідно до структурних елементів: **постановка проблеми, результати дослідження, висновки**.
7. У тексті статті мають бути посилання на всі джерела у списку літератури. Посилання на літературні джерела подаються у круглих дужках з вказанням прізвищ(а) автора(ів) у хронологічному порядку, наприклад:
один автор – Lukash, 2019;
два автори – Tkachuk & Zelena, 2020;
три автори та більше – Kurmakova et al., 2021.
Посилання на видання без авторів здійснюється відповідно до правил [APA стилю](#).

8. Таблиці, схеми, рисунки, діаграми повинні бути авторськими, а не скопійованими з інших видань та пронумеровані. Розміщуються без абзацу в центрі сторінки безпосередньо після посилання на них у тексті статті або на наступній сторінці. Слово «Таблиця» та її номер пишуться зверху вирівняно справа, а рядком нижче вирівняно центром – назва таблиці. Ілюстрації (рисунки, блок-схеми, графіки) повинні бути виконані в одному з графічних редакторів. Рисунки можна подавати кольоровими. Блок-схеми та рисунки (повинні бути згруповані) додатково подаються окремими файлами в електронному вигляді. Ілюстрації підписуються знизу вирівняно центром.

9. Формули та буквені позначення величин набираються у редакторі MathType-Equation і подаються в тексті або окремому рядку без абзацного відступу вирівняно центром, нумеруються арабськими цифрами в круглих дужках з правого боку сторінки.

10. Після основного тексту статті подається список літератури. У ньому мають бути лише ті джерела, на які зроблено посилання у тексті. Слово «References» пишеться вирівняно. Список посилань на джерела інформації подається у алфавітній послідовності за латиницею. Джерела, які в оригіналі написані мовами, де використовується латинський шрифт, подаються мовою оригіналу, оформленому за [АРА стилем](#). Джерела, які написані у оригіналу мовою з кириличним написанням, подаються двома абзацами таким чином: спочатку переклад англійською мовою (не транслітерація!), оформлений за [АРА стилем](#) із зазначенням мови видання у круглих дужках, а у другому абзаці – мовою оригіналу за [ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання](#)

Наприклад:

Ткачук, N. V., & Zelena, L. B. (2022). Biosafety in the formation of professional competences of bachelors from the courses «Microbiology and virology with the basics of immunology» and «Genetics». *Environmental sciences*, 2(41), 41-145. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.24> (in Ukrainian)

Ткачук Н. В., Зелена Л. Б. Біобезпека при формуванні фахових компетенцій бакалаврів з курсів «Мікробіологія і вірусологія з основами імунології» та «Генетика». *Екологічні науки*. 2022. №2(41). С. 141-145. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.24>

11. У тексті статті вживаються такі знаки: лапки – (« »), апостроф – (’), через пробіл тире (–), а не дефіс (-). Двокрапка (:) ставиться без пробілу.
12. Слова, словосполучення та речення латинською мовою у статті виділяють курсивом, незалежно від мови написання статті.

Приклади:

... the plant extract was carried out *in vitro* by the Kirby-Bauer disc...

... є важливими біомаркерами *in vivo* для біомоніторингу...

Таксони (усі) та синтаксони рослинності наводять лише латинською мовою і виділяють курсивом. Звичайним шрифтом слід наводити автора(-ів) таксону чи синтаксону за першого згадування у кожній структурній частині статті (назві, анотаціях та ключових словах будь-якою мовою, власне тексті (тілі) статті), а також підписах до таблиць та рисунків.

Якщо у статті згадуються види, які належать до одного роду, і між цими згадуваннями немає згадувань видів інших родів, то після першого написання повної видової назви далі у тексті назву виду слід подавати, скорочуючи назву роду до першої літери з крапкою. Це правило застосовується у межах будь-якої структурної частини статті, а також підписів до таблиць та рисунків.

Приклад написання латинських назв таксонів і син таксонів у одній статті:

PLATANUS L. GENUS IN TRANSCARPATHIA
 ПІД *PLATANUS* L. НА ЗАКАРПАТТІ

ABSTRACT

... the coexistence of other *Platanus* L. species... *Picea abies* (L.) Karst.

... the study of the genus *Platanus* in the ... as *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd. is a...

... the genus *Platanus* in Transcarpathia will.... *Picea abies*...

The spruce forest communities of the Dnieper part of Eastern Polesie belong to the *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 and *Quercu-Piceetum* (Matuszkiewicz 1952) Matuszkiewicz et Polakowska 1955 associations of the *Piceion excelsae* Pawłowski et al. 1928 alliance of the *Piceetalia excelsae* Pawłowski et al. 1928 order of the *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939 class.

The natural spruce forest of the *Quercu-Piceetum* association...

Key words: introduced plants, *Picea abies* (L.) Karst., *Platanus* L., Transcarpathia

АНОТАЦІЯ

... міжвидових гібридів роду *Platanus* L. ...is *Picea abies* (L.) Karst.

... гібриди роду *Platanus* ... *Picea abies*...

... належить до виду *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd. і має статусу...

Угруповання ялинових лісів придніпровської частини Східного Полісся належать до асоціацій *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 та *Quercu-Piceetum* (Matuszkiewicz 1952) Matuszkiewicz et Polakowska 1955 з союзу *Piceion excelsae* Pawłowski et al. 1928 порядку *Piceetalia excelsae* Pawłowski et al. 1928 класу *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939.

Природний ялиник асоціації *Quercu-Piceetum*...

Ключові слова: Закарпаття, рослини-інтродуценти, *Picea abies* (L.) Karst., *Platanus* L.

Formulation of the problem

In ... two primary progenitors: *Platanus orientalis* L. and *P. occidentalis* L. Additionally, there are several natural hybrid species, including the *P. acerifolia* (Aiton) Willd., *P. cuneata* Willd., *P. digitata* Gord., *P. hispanica* Münchh. and others.

Results and discussion

P. occidentalis also known simply as «sycamore», ..., *Ficus sycómorus* L., which is ... and even the *Acer pseudoplatanus* L....

...*Platanus orientalis* along with...

Fig. 1: *Platanus acerifolia* (Aiton) Willd (photo by Ivan Dzurenko)

...*P. occidentalis* is notably affected by the fungus *Gloeosporium nervisequum* (Fuckel) Sacc....

... *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 association...

Table. Structure of the *Eu-Piceetum* (Cajander 1921) Keilland-Lund 1967 association

...*Eu-Piceetum* is formed in an ecotone area ...

... both *Platanus occidentalis* and *P. acerifolia* grew...

... phytocenoses of the *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951 and *Robinietea* Jurko ex Hadač et Sofron 1980 classes are formed...

Conclusions

... Among these species is *P. acerifolia*.

..., phytocenoses of the *Epilobietea angustifolii* class is...

13. Після списку літературних джерел надається інформація про кожного автора **англійською мовою**:

- Перший рядок – **Surname, Name [in Ukrainian: Прізвище Ім'я]** ¹[i], посада, науковий ступень та вчене звання (за наявності), e-mail.
- Наступний рядок – обов'язкове зазначення *ORCID* автора (профіль повинен бути заповнений та відкритий для перегляду громадськості).
- Наступний рядок – зазначення *ResearcherID* автора (за наявності), зазначення *Scopus- AuthorID* автора (за наявності).
- Наступний рядок – зазначення організації, в якій працює автор.
- Наступний рядок – обов'язкове зазначення повної адреси організації, у якій працює автор, з указанням індексу та країни.

14. У кінці сторінки вказується дата її надсилання у редакцію журналу.

До статті додається список 2-3 потенційних рецензентів (кандидатів наук та/або докторів наук, які здійснюють дослідження за спеціальністю, що відповідає тематиці поданого для публікації матеріалу, і є авторами (співавторами) загальною кількістю не менше трьох публікацій у наукових виданнях, включених до категорії «А» та/або категорії «Б» Переліку наукових фахових видань України, та/або у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus за відповідною спеціальністю, оприлюднених упродовж останніх п'яти років) із зазначенням їх місця роботи, наукових інтересів, *ORCID* та *Google Scholar*, e-mail.

Подання матеріалів, публікація та доступ до опублікованих статей безкоштовно.

Текст статті і додаткові матеріали надсилати електронною поштою на адресу lukash2011@ukr.net або bht.journal.nuchc@gmail.com (у листі вказати прізвище автора).

РЕДАКЦІЯ ЖУРНАЛУ НЕ НЕСЕ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ЗА ЗМІСТ СТАТЕЙ ТА МОЖЕ НЕ ПОДІЛЯТИ ДУМКУ АВТОРА!

[i] ¹ Вказати внесок відповідного (1 – першого, 2 – другого тощо) автора у публікацію, обравши з переліку: 1) study design, 2) data collection, 3) statistical analysis, 4) manuscript preparation, 5) funds collection.

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. 2024. №1. 209 с.

Designer – N. Tkachuk

Photo of the title page – N. Tkachuk

Editing – O. Lukash, I. Kurmakova, O. Syza, H. Tkaczenko, N. Tkachuk, O. Klimova

Administrator of site – N. Tkachuk

Designer cover – N. Tkachuk

Passed for printing
15.04.2024 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