Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет імені Івана Франка

Міністерство науки і вищої освіти Польщі
Інститут біології Поморського університету в Слупську
Факультет біотехнології Медичного коледжу
Жешівського університету

МОЛОДЬ І ПОСТУП БІОЛОГІЇ

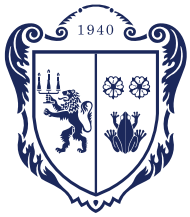


XXII Міжнародна наукова
конференція студентів і аспірантів,
присвячена 90-річчю кафедри мікробіології
біологічного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка

Львів, 15–17 квітня 2026 року



ЛЬВІВСЬКИЙ
УНІВЕРСИТЕТ



БІОЛОГІЧНИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
ЛЬВІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ



Uniwersytet
Pomorski
w Słupsku



Instytut
Biologii
Uniwersytet Pomorski w Słupsku



University of Rzeszów

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
IVAN FRANKO NATIONAL UNIVERSITY OF LVIV

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE REPUBLIC OF POLAND
INSTITUTE OF BIOLOGY, POMERANIAN UNIVERSITY IN SLUPSK
FACULTY OF BIOTECHNOLOGY, MEDICAL COLLEGE,
UNIVERSITY OF RZESZÓW

YOUTH AND PROGRESS OF BIOLOGY

XXII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE FOR STUDENTS AND PHD STUDENTS, DEDICATED TO 90TH ANNIVERSARY OF THE DEPARTMENT OF MICROBIOLOGY, FACULTY OF BIOLOGY, IVAN FRANKO NATIONAL UNIVERSITY OF LVIV
(Lviv, April 15–17, 2026)

ABSTRACTS

LVIV
ПАІС
Видавництво Львів
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ВИЩОЇ ОСВІТИ ПОЛЬЩІ
ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ ПОМОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ В СЛУПСЬКУ
ФАКУЛЬТЕТ БІОТЕХНОЛОГІЇ МЕДИЧНОГО КОЛЕДЖУ
ЖЕШІВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

МОЛОДЬ І ПОСТУП БІОЛОГІЇ

ХХІІ МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ І АСПІРАНТІВ, ПРИСВЯЧЕНА 90-РІЧЧЮ КАФЕДРИ МІКРОБІОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА
(Львів, 15–17 квітня 2026 року)

ЗБІРНИК ТЕЗ

ЛЬВІВ
ПАІС Видавництво Львів
2026

УДК 57(043.2)
М 75

Організатори конференції висловлюють подяку за підтримку
ТОВ «Біскотті», ПрАТ «Концерн Хлібпром»,
компанії «Експлоджен», ПрАТ «МЗМВ «Оскар»

The conference organizers express their gratitude
to Biscotti LLC, PJSC "Concern Khlibprom", Explogen LLC,
and PRJSC MMWF "OSKAR" for their support

М 75 **Молодь і поступ біології = Youth and Progress of Biology:** збірник тез доповідей XXII Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів (м. Львів, 15–17 квітня 2026 р.). – Львів : ПАІС, 2026. – 300 с.

ISBN 978-617-7694-89-1

Збірник тез доповідей містить результати наукової роботи студентів і аспірантів з України та інших країн. За достовірність викладених наукових даних відповідальність несуть автори.

Для наукових, науково-педагогічних, педагогічних працівників, аспірантів, студентів, що працюють у галузі біології, екології, біотехнології, біомедицини, освіти.

Abstracts contain the results of scientific work of students and PhD students from Ukraine and other countries. The authors are responsible for the text and the trustworthiness of scientific results.

For research, research and teaching, and teaching staff, PhD students, and students who work in biology, biotechnology, and biomedicine.

УДК 57(043.2)

© Львівський національний університет імені Івана Франка, 2026
© ТОВ «Експлоджен», 2026
© Інститут біології Поморського університету в Слупську, 2026
© Факультет біотехнології Медичного коледжу Жешівського університету, 2026
© Видавництво «ПАІС», 2026

ISBN 978-617-7694-89-1

ЗМІСТ
CONTENTS

ПАРТНЕРАМИ КОНФЕРЕНЦІЇ Є АКТИВНІ НАШІ СТЕЙКХОЛДЕРИ
THE CONFERENCE PARTNERS ARE OUR ACTIVE STAKEHOLDERS 16

КЕРІВНІ ОРГАНИ КОНФЕРЕНЦІЇ
GOVERNING BODIES OF A CONFERENCE 8

БІОЛОГІЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА
BIOLOGICAL AND ECOLOGICAL EDUCATION 16

БІОФІЗИКА
BIOPHYSICS 28

БІОХІМІЯ
BIOCHEMISTRY 39

БОТАНІКА ТА ІНТРОДУКЦІЯ РОСЛИН
BOTANY AND PLANTS INTRODUCTION 65

ГЕНЕТИКА ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ
GENETICS AND BIOTECHNOLOGY 89

ЕКОЛОГІЯ
ECOLOGY 128

ЗООЛОГІЯ
ZOOLOGY 159

МІКРОБІОЛОГІЯ, ВІРУСОЛОГІЯ ТА ІМУНОЛОГІЯ
MICROBIOLOGY, VIROLOGY, AND IMMUNOLOGY 182

МОЛЕКУЛЯРНА ТА КЛІТИННА БІОЛОГІЯ
MOLECULAR AND CELL BIOLOGY 217

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН, БІОМЕДИЦИНА
HUMAN AND ANIMALS PHYSIOLOGY, BIOMEDICINE 225

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН
PLANT PHYSIOLOGY 256

АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК
INDEX OF AUTHORS 294

ПАРТНЕРАМИ КОНФЕРЕНЦІЇ Є АКТИВНІ НАШІ СТЕЙКХОЛДЕРИ

THE CONFERENCE PARTNERS ARE OUR ACTIVE STAKEHOLDERS

ТОВ «Біскотті» є сучасним виробничим підприємством харчової галузі, яке активно впроваджує інноваційні технології та дотримується високих стандартів якості та безпечності харчових продуктів. Як працедавець, «Біскотті» створює можливості для професійної реалізації молодих спеціалістів у сферах контролю якості, мікробіологічного аналізу, лабораторних досліджень, розробки нових продуктів та удосконалення технологій виробництва. Підприємство підтримує розвиток професійних компетентностей, практичне застосування наукових знань та залучення молодих фахівців до інноваційних виробничих процесів.

Biscotti LLC is a modern food manufacturing company that actively implements innovative technologies and adheres to high standards of food quality and safety. As an employer, Biscotti creates opportunities for young professionals to develop their careers in quality control, microbiological analysis, laboratory research, new product development, and production technology improvement. The company supports the development of professional skills, the practical application of scientific knowledge, and the involvement of young professionals in innovative production processes.

ПрАТ «Концерн Хлібпром» – потужне підприємство харчової промисловості України, що має багаторічний досвід у виробництві хлібобулочних і кондитерських виробів та відоме стабільною якістю своєї продукції. У діяльності компанії важливе місце посідають сучасні підходи до контролю безпечності харчових продуктів, удосконалення технологічних процесів і впровадження інновацій у виробництво. Як працедавець, «Хлібпром» надає можливості для професійної самореалізації молодих спеціалістів, залучаючи їх до роботи у виробничих підрозділах, лабораторіях контролю якості та під час розроблення нових видів продукції. Підприємство підтримує розвиток практичних навичок, сприяє професійному зростанню та формуванню фахових компетентностей, необхідних для роботи у сучасній харчовій галузі.

PJSC "Concern Khlibprom" is a major food industry enterprise in Ukraine with long-standing experience in the production of baked goods and confectionery, known for the consistent quality of its products. Modern approaches to food safety control, improvements in technological processes, and the introduction of innovations into production play an important role in the company's activities. As an employer, "Khlibprom" provides young professionals with opportunities to develop their careers by involving them in work across its production departments, quality control laboratories, and product development. The company supports the development of practical skills, promotes professional growth, and helps build the professional competencies needed to work in the modern food industry.

ТОВ «Експлоджен» є інноваційною компанією біотехнологічного спрямування, діяльність якої пов'язана з використанням сучасних молекулярно-біологічних та генетичних підходів у дослідженнях і прикладних розробках. «Експлоджен» орієнтується на впровадження новітніх технологій у сфері біології, біотехнології та суміжних галузей науки. Компанія зацікавлена у співпраці з випускниками біологічних і біотехнологічних спеціальностей, які володіють знаннями з молекулярної біології, генетики, мікробіології та біоінформатики. Така підготовка є важливою для виконання лабораторних досліджень, аналізу біологічних даних, розроблення нових біотехнологічних рішень і впровадження сучасних методів експериментальної роботи.

Explogen LLC is an innovative biotechnology company whose activities focus on the use of modern molecular biology and genetic approaches in research and applied development. Explogen focuses on implementing cutting-edge technologies across biology, biotechnology, and related scientific disciplines. The company is interested in collaborating with graduates of biology and biotechnology programs who possess expertise in molecular biology, genetics, microbiology, and bioinformatics. Such training is essential for conducting laboratory research, analyzing biological data, developing new biotechnological solutions, and implementing modern experimental methods.

ПрАТ «МЗМВ «Оскар» є сучасним підприємством харчової промисловості, що спеціалізується на виробництві мінеральних вод та безалкогольних напоїв. У своїй діяльності компанія приділяє значну увагу контролю якості продукції, безпечності виробництва та дотриманню сучасних технологічних стандартів. Підприємство зацікавлене у співпраці з випускниками біологічних і біотехнологічних спеціальностей, оскільки їхня підготовка є важливою для забезпечення мікробіологічного контролю води та напоїв, дослідження фізико-хімічних і біологічних показників сировини, а також супроводу технологічних процесів виробництва.

PRJSC MMWF "OSKAR" is a modern food industry enterprise specializing in the production of mineral water and non-alcoholic beverages. The company places significant emphasis on product quality control, production safety, and compliance with modern technological standards. This company is interested in collaborating with graduates of biology and biotechnology programs, as their expertise is essential for ensuring microbiological control of water and beverages, analyzing the physical, chemical, and biological properties of raw materials, and overseeing production processes.

КЕРІВНІ ОРГАНИ КОНФЕРЕНЦІЇ
GOVERNING BODIES OF A CONFERENCE

Голова оргкомітету конференції

Хамар І. — декан біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент

Співголови оргкомітету конференції

Осадовський З. — ректор Поморського університету в Слупську, доктор габілітований, професор

Рухала Ю. — декан факультету біотехнології Медичного коледжу Жешівського університету, PhD, DSc, професор

Оргкомітет

Гончаренко В. — завідувач кафедри ботаніки, заступник декана біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент

Гетманські Т. — директор Інституту біології Поморського університету в Слупську, доктор габілітований, професор

Гнатуш С. — завідувач кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., професор

Галушка А. — доцент кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент

Заплатинський В. — начальник відділу технічних засобів навчання Львівського національного університету імені Івана Франка

Комплікевич С. — молодший науковий співробітник кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, доктор філософії

Масловська О. — доцент кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент

Седляр О. — директор Наукової бібліотеки Львівського національного університету імені Івана Франка, к. і. н., доцент

Тістечок С. — директор ТОВ «Експлоджен», доктор філософії

Чабан Ю. — завідувач навчального телерадіоцентру Львівського національного університету імені Івана Франка

Науковий комітет

Бабський А. — завідувач кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., професор

Гнатуш С. — завідувач кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., професор

Гончаренко В. — завідувач кафедри ботаніки, заступник декана біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка з навчально-методичної роботи, к. б. н., доцент

Кобилецька М. — завідувач кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент

Мамчур З. — завідувач кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент

Манько В. — завідувач кафедри фізіології людини і тварин Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., професор

Рухала Ю. — декан факультету біотехнології Медичного коледжу Жешівського університету, PhD, DSc, професор

Сибірна Н.	завідувач кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., професор
Ткаченко Г.	професор кафедри зоології, заступник директора Інституту біології з наукової роботи Поморського університету в Слупську, доктор габілітований, професор
Федоренко В.	завідувач кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н, професор
Царик Й.	завідувач кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., професор

Секретаріат, редакційна колегія

Комплікевич С.	голова секретаріату і редакційної колегії, молодший науковий співробітник кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, доктор філософії
Берест А.	здобувач ступеня доктора філософії Львівського національного університету імені Івана Франка
Абрамович А.	здобувач ступеня доктора філософії Львівського національного університету імені Івана Франка
Альфавіцький О.	здобувач ступеня доктора філософії Львівського національного університету імені Івана Франка
Колтун І.	завідувач навчальної Еколого-гідробіологічної лабораторії Шацького біолого-географічного стаціонару Львівського національного університету імені Івана Франка
Марків О.	здобувач ступеня доктора філософії Львівського національного університету імені Івана Франка
Мельник М.	здобувач ступеня доктора філософії Львівського національного університету імені Івана Франка
Мороз А.	здобувач ступеня доктора філософії Львівського національного університету імені Івана Франка
Ногач Я.	здобувач ступеня доктора філософії Львівського національного університету імені Івана Франка
Петрин Т.	здобувач ступеня доктора філософії Львівського національного університету імені Івана Франка
Пурель В.	здобувач ступеня доктора філософії Львівського національного університету імені Івана Франка
Тарновська А.	доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Шкоропад О.	старший лаборант кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка

Рецензенти

Антоняк Г.	професор кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., професор
Бабський А.	завідувач кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., професор
Бичкова С.	доцент кафедри фізіології людини і тварин Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., доцент
Боднар Л.	доцент кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Боднарчук Н.	інженер кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н.
Бродяк І.	доцент кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент

Бура М.	доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Галушка А.	доцент кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Гарасим Н.	доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Гачкова Г.	професор кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., доцент
Генега А.	доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Гнатина О.	доцент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Гнатуш С.	завідувач кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., професор
Голуб Н.	доцент кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Гончаренко В.	завідувач кафедри ботаніки Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Горбулінська С.	доцент кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. п. н., доцент
Джура Н.	доцент кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Дика М.	доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Дикий І.	доцент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Звір Г.	доцент кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Іккерт О.	доцент кафедри фізіології людини і тварин Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Канюка О.	доцент кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Капрусь І.	професор кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., професор
Кобилецька М.	завідувач кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Колтун І.	завідувач навчальної Еколого-гідробіологічної лабораторії Шацького біолого-географічного стаціонару Львівського національного університету імені Івана Франка
Комплікевич С.	асистент кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, доктор філософії
Король Т.	доцент кафедри фізіології людини і тварин Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Макар О.	доцент кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка, доктор філософії
Мамчур З.	завідувач кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Мамчур О.	доцент кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка, к. с-г. н., доцент
Марців М.	доцент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка, доктор філософії

Масловська О.	доцент кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Матійців Н.	доцент кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Мерлавський В.	доцент кафедри фізіології людини і тварин Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Мороз О.	доцент кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., старший дослідник
Нагалєвська М.	доцент кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Назарук К.	доцент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Осташ Б.	професор кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., професор
Пацула О.	доцент кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Питель-Гута С.	асистент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка, доктор філософії
Рагуліна М.	доцент кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка, науковий співробітник Державного природознавчого музею НАН України (Львів), к. б. н., доцент
Решетило О.	доцент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Романюк Н.	доцент кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Сабадашка М.	доцент кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Сеньків В.	доцент кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. т. н., доцент
Сирватка В.	доцент кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Стасик О.	доцент кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Тарновська А.	доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Тістечок С.	асистент кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка, доктор філософії
Федоренко В.	завідувач кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., професор
Цвілинюк О.	доцент кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Шалай Я.	доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н.
Шидловський І.	доцент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент
Ющук О.	професор кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка, д. б. н., старший дослідник
Яворська Г.	доцент кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка, к. б. н., доцент

Head of the Organizing Committee

Khamar I.	dean of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor

Co-heads of the Organizing Committee

Osadowski Z.	Dr. hab., professor, rector of Pomeranian University in Slupsk
Ruchała J.	Dean of the Faculty of Biotechnology, Medical College, University of Rzeszów, PhD, DSc, prof. UR

Organizing Committee

Chaban Yu.	head of the Educational and Radio Studio at Ivan Franko National University of Lviv
Honcharenko V.	head of the Department of Botany, vice-dean of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Hetmanski T.	director of the Institute of Biology of Pomeranian University in Slupsk, Dr. hab., professor
Hnatush S.	head of the Department of Microbiology of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, professor
Halushka A.	associate professor of the Department of Microbiology of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Komplikevych S.	junior researcher of the Department of Microbiology of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD
Maslovska O.	associate professor of the Department of Microbiology of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Sedliar O.	director of Scientific Library of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Tistechok S.	director of Explogen LLC, PhD
Zaplatynskyi V.	head of the Department of Educational Technology at Ivan Franko National University of Lviv

Scientific Committee

Babsky A.	head of the Department of Biophysics and Bioinformatics of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, professor
Hnatush S.	head of the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, professor
Honcharenko V.	head of the Department of Botany, vice-dean of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Kobyletska M.	head of the Department of Plants Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Mamchur Z.	head of the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Manko V.	head of the Department of Human and Animals Physiology of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, professor
Ruchała J.	Dean of the Faculty of Biotechnology, Medical College, University of Rzeszów, PhD, DSc, prof. UR
Sybirna N.	head of the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, professor

Tkachenko H.	professor of the Department of Zoology, vicedirector for Research of the Institute of Biology of Pomeranian University in Slupsk, dr. hab., professor
Fedorenko V.	head of the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, professor
Tsaryk Y.	head of the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, professor

Secretariat, editorial board

Komplikevych S.	head of the secretariat, editorial board, junior researcher of the Department of Microbiology of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD
Berest A.	PhD student of Ivan Franko National University of Lviv
Abramovych A.	PhD student of Ivan Franko National University of Lviv
Alfavitskyi O.	PhD student of Ivan Franko National University of Lviv
Koltun I.	head of the Ecological and Hydrobiological Laboratory of the Shatsk Biological and Geographical Field Station, Ivan Franko National University of Lviv
Markiv O.	PhD student of Ivan Franko National University of Lviv
Melnyk M.	PhD student of Ivan Franko National University of Lviv
Moroz A.	PhD student of Ivan Franko National University of Lviv
Nohach Y.	PhD student of Ivan Franko National University of Lviv
Petryn T.	PhD student of Ivan Franko National University of Lviv
Purel V.	PhD student of Ivan Franko National University of Lviv
Tarnovska A.	associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatic of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Shkoropad O.	senior laboratory assistant at the Department of Plant Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv

Reviewers

Antonyak H.	professor of the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv doctor of biological sciences, professor
Babsky A.	head of the Department of Biophysics and Bioinformatics of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, professor
Bodnar L.	associate professor of the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Bodnarchuk N.	engineer at the Department of Biophysics and Bioinformatics of Ivan Franko National University of Lviv, PhD
Brodyak I.	associate professor at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Bura M.	associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatics of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Bychkova S.	associate professor of the Department of Human and Animals Physiology of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, associate professor
Dyka M.	associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatics of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Dykyy I.	associate professor at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Dzhura N.	associate professor at the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Fedorenko V.	head of the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, professor

Hachkova H.	professor at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, associate professor
Halushka A.	associate professor at the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Harasym N.	associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatics of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Heneha A.	associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatics of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Hnatush S.	head of the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, professor
Hnatyna O.	associate professor at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Holub N.	associate professor of the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Honcharenko V.	head of the Department of Botany, vice-dean of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Horbulinska S.	associate professor of the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Ikkert O.	associate professor of the Department of Human and Animals Physiology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Kaniuka O.	associate professor at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Kaprus I.	professor of the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, professor
Kobyletska M.	head of the Department of Plant Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Koltun I.	head of the Ecological and Hydrobiological Laboratory of the Shatsk Biological and Geographical Field Station, Ivan Franko National University of Lviv
Komplikevych S.	assistant professor at the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD
Korol T.	associate professor of the Department of Human and Animals Physiology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Makar O.	associate professor at the Department of Plant Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD
Mamchur O.	associate professor at the Department of Plant Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Mamchur Z.	head of the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Martsiv M.	associate professor at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD
Maslovska O.	associate professor of the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Matiytsiv N.	associate professor of the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Merlavsky V.	associate professor of the Department of Human and Animals Physiology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Moroz O.	associate professor of the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, senior researcher
Nagalievska M.	associate professor at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor

Nazaruk K.	associate professor at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Ostash B.	professor at the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, professor
Patsula O.	associate professor at the Department of Plant Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Pytel-Huta S.	assistant professor at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD
Ragulina M.	associate professor at the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Reshetylo O.	associate professor at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Romanyuk N.	associate professor at the Department of Plant Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Sabadashka M.	associate professor at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Senkiv V.	associate professor at the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Shalai Y.	associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatics of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Shydlovskyy I.	associate professor at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Stasyk O.	associate professor at the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Syrvatka V.	associate professor at the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Tarnovska A.	associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatic of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Tistechok S.	assistant professor at the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD
Tsvilynyuk O.	associate professor at the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Yavorska H.	associate professor of the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor
Yushchuk O.	professor at the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv, doctor of biological sciences, senior researcher
Zvir G.	associate professor of the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv, PhD, associate professor

БІОЛОГІЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА
BIOLOGICAL AND ECOLOGICAL EDUCATION

Бежнар В., Волошанська С.

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПРОЄКТІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ІНТЕГРОВАНОГО КУРСУ «ПІЗНАЄМО ПРИРОДУ»

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Шевченка, 23, м. Дрогобич, 82100, Україна; e-mail: svitlana.voloshanska@gmail.com

Bezhnar V., Voloshanska S. RELEVANCE OF USING THE PROJECT METHOD IN LEARNING THE INTEGRATED COURSE "LET'S LEARN ABOUT NATURE". The article reveals the relevance of using the project method in studying the course "Let's Learn About Nature" as a condition for effective knowledge acquisition by pupils. During the implementation of projects, pupils have the opportunity to actively and motivatedly learn and self-develop.

З метою удосконалення змісту та якості освіти, насамперед, формування творчої особистості, адаптованої до сучасних вимог розвитку суспільства, є важливим використання в освітньому процесі інноваційних методів навчання. Ефективною педагогічною технологією є метод проєктів, який ґрунтується на взаємозв'язку пізнавальних та розумових завдань, інтеграції природничих знань (Дебре, 2020). Застосування методу проєктів при вивченні інтегрованого курсу «Пізнаємо природу» є актуальним завдяки формуванню у школярів відповідних знань, умінь, навичок, інтересу до пізнавальної та творчої діяльності, становленню дослідницької позиції у сприйнятті й розумінні природи (Перетятько, 2023). Важливо зазначити, що впровадження проєктної діяльності при вивченні інтегрованого курсу відповідає вимогам НУШ, оскільки передбачає розвиток ключових компетентностей учнів через практичну діяльність та самостійне виконання завдань. Проєктна діяльність сприяє втіленню ідей STEM і STEAM освіти, проблемного та інтегрованого підходу у практиці навчання, розвитку дослідних та пошукових форм роботи (Херуненко, 2023).

В умовах сьогодення чимало педагогів епізодично використовують метод проєктів при викладанні курсу «Пізнаємо природу». Важливою обставиною даного факту є недооцінювання потенціалу проєктної діяльності щодо формування ключових та предметних компетентностей учнів. Зважаючи на допитливість і бажання сприймати інформацію в інтерактивній формі, можна зазначити, що при виконанні тематичних проєктів сучасні п'яти- і шестикласники здатні осмислювати, аналізувати, творити. Набуття досвіду самостійно розв'язувати проблеми, саморозвиватися та самовдосконалюватися є важливим, оскільки при цьому у школярів закладаються умови успішного навчання в майбутньому Пропонований зміст програм інтегрованого курсу «Пізнаємо природу» структурований за темами і передбачає виконання школярами орієнтовних навчальних проєктів. Так, за модельною навчальною програмою «Пізнаємо природу» (авт. Коршевнюк Т. В.) рекомендовано для виконання такі навчальні проєкти: «Один день без світла», «Якщо зникне Сонце, то…», «Форми, барви і звуки в живій природі», «Наскільки потрібним є все, що ми купуємо», «Природа і людина – друзі чи вороги?», «Гаджети і здоров'я» тощо. Зміст модельної навчальної програми (авт. Біда Д. Д., Гільберг Т. Г., Колісник Я. І.) передбачає виконання таких проєктів: «Переваги та ризики проживання в гірській та рівнинній місцевості», «Як зберегти повітря чистим у моєму населеному пункті?», «Цвітіння води», «Як тварини впливають на родючість ґрунту», «Життя рослин і тварин біля нас», «Дари лісу», «Винаходи Леонардо да Вінчі» та ін. При цьому тема проєкту для дослідження обирається вчителем, враховуючи рівень розвитку учнів, їх пізнавальну активність, а також потрібне матеріальне забезпечення. Під час виконання тематичних проєктів створюються умови для саморозвитку школярів, вироблення у них навиків для практичного і творчого

застосування здобутих знань, реалізуються вміння постановки експерименту у цілому, формується власний досвід, навчання стає більш мотивованим.

Отже, проєктна діяльність на уроках інтегрованого курсу «Пізнаємо природу» робить навчання активним та пізнавальним, пов'язує теорію з реальним життям і створює можливості для дослідження природи школярами. Даний метод не лише підвищує мотивацію навчання, а й розвиває ключові компетентності НУШ.

Космірак В.[1,2], Донец А.[1], Марчук О.[1], Капець Н.[1,2,3]

ПОПУЛЯРИЗАЦІЯ ЗНАНЬ ПРО БІОРІЗНОМАНІТТЯ УРБОЕКОСИСТЕМ СЕРЕД ШКОЛЯРІВ НА ПРИКЛАДІ ПРОЄКТУ «NEO – NATURE EXPLORATION & OBSERVATION»

[1]Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна; [2]Дністровський регіональний ландшафтний парк ім. Сергія Дідича; [3]Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України; e-mail: viktoriia.kosmirak.22@pnu.edu.ua

Kosmirak V., Donets A., Marchuk O., Kapets N. POPULARIZING KNOWLEDGE OF URBAN BIODIVERSITY AMONG SCHOOLCHILDREN: THE CASE OF THE «NEO – NATURE EXPLORATION & OBSERVATION» PROJECT. The «NEO – Nature Exploration & Observation» project, supported by the «Teple Misto» NGO, was implemented in 2025 to enhance ecological awareness among students in Ivano-Frankivsk. The initiative focused on studying urban biodiversity, specifically bioindicators like lichens, fungi, and mosses, through interactive workshops, art-herbaria creation, and digital quests. By combining scientific methods such as light microscopy with creative approaches, the project successfully fostered a community of young naturalists and increased motivation for environmental education.

У сучасній шкільній освіті обмежена увага приділяється вивченню локального біорізноманіття, зокрема організмів-біоіндикаторів екологічного стану міст – лишайників, водоростей, грибів та мохоподібних. Усе це є одним із чинників зниження загального рівня екологічної свідомості учнів та розуміння складних взаємозв'язків у природі. Можливим шляхом вирішення цієї проблеми є створення інтерактивних освітніх ініціатив, які б доповнювали шкільну програму. У 2025 р. за сприяння ГО «Тепле Місто» нами було реалізовано еколого-освітній проєкт «NEO – Nature Exploration & Observation». Його метою стало поширення серед школярів знань про найбільш криптогамний блок урбоекосистеми Івано-Франківська, сприяння формуванню еко-біологічного мислення і підвищення мотивації молоді до вивчення природничих наук. Цільовою аудиторією було обрано учнів 7–9 класів м. Івано-Франківськ, для яких організовано та проведено низку онлайн та офлайн активностей, зокрема воркшопи, майстер-класи і онлайн-квест. Впродовж останньої декади 2025 р. на базі кафедри біології та екології Карпатського національного університету ім. В. Стефаника проведено практичні заходи для школярів. Серед них – воркшоп «Гриби й лишайники в екосистемі міста», під час якого учасники досліджували видове різноманіття ліхенізованих грибів за допомогою світлової мікроскопії, гербарних зразків та природного матеріалу. Ще одним заходом став майстер-клас «Створення арт-гербарію», який дозволив учням краще зрозуміти роль організмів у міських екосистемах через творчий підхід. Для залучення ширшої аудиторії та забезпечення інклюзивності, розроблено та поширено інтерактивний веб-квест. Впродовж усього періоду реалізації ініціативи на сторінках проєкту в соціальних мережах (Facebook, Instagram) опубліковано серію інформаційних науково-популярних дописів на еколого-біологічну тематику. Фактична реалізація запланованих заходів дозволила залучити учнівську молодь до вивчення локальної природи, а проведення практичних воркшопів та онлайн-квесту сприяло розширенню кругозору школярів, формуванню спільноти юних натуралістів та підвищенню їхньої екологічної культури й обізнаності. Наша команда висловлює щиру подяку ГО «Тепле місто», Карпатському національному університету ім. В. Стефаника та усім, хто долучився до реалізації проєкту, за можливість втілення наших ідей та цінний досвід.

Михайльо Л., Прущак Т., Новіцька Ю., Баюрко Н.

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ БІОЛОГІЇ У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, вул. Острозького, 32, м. Вінниця, 21001, Україна; e-mail: nv.bayurko@gmail.com

Mykhailo L., Prushchak T., Novitska Y., Baiurko N. METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF FORMING ENVIRONMENTAL COMPETENCE IN PRE-SERVICE BIOLOGY TEACHERS DURING PROFESSIONAL TRAINING. Environmental competence is considered as an integrative characteristic that combines knowledge, skills, values, and readiness for environmentally responsible activity. The key approaches to its development include practice-oriented, activity-based, interdisciplinary, and project-research approaches. Emphasis is placed on the need to green the educational content and to use modern digital technologies. It is concluded that systematic methodological support is essential for preparing future specialists to address environmental problems effectively.

Формування екологічної компетентності майбутніх педагогів-біологів є одним із ключових завдань сучасної вищої освіти, оскільки воно сприяє не тільки професійній готовності майбутнього фахівця, а й розвитку відповідального, екологічно свідомого громадянина. Освіта для сталого розвитку посідає центральне місце серед стратегічних цілей сучасних університетів. Це підтверджується міжнародними тенденціями інтеграції екологічної тематики в освітні програми та освітні стратегії глобальних освітніх ініціатив (Стахова, 2025). Аналіз наукової літератури дає можливість стверджувати, що екологічна компетентність включає знання про сучасні екологічні процеси, вміння аналізувати екологічні проблеми, практичні навички щодо вирішення задач охорони довкілля, а також ціннісне ставлення до природи. Водночас для підготовки педагогів важливими є набуття професійних якостей майбутнього вчителя у галузі екологічної освіти. Важливими завданнями професійної підготовки майбутніх фахівців природничої освітньої галузі, зокрема вчителів біології, є: формування потреби у необхідності систематичної і цілеспрямованої роботи з екологічної освіти учнів, умінь планувати і практично реалізовувати освітні завдання екологічної спрямованості на уроках і в позакласній роботі; ознайомлення з науковими дослідженнями і практичними досягненнями в галузі освіти для сталого розвитку. Така комплексність передбачає побудову навчального процесу на основі практично-орієнтованого, діяльнісного, міждисциплінарного, проєктного та дослідницького підходів (Баюрко, 2017). Аналіз освітньо-професійних програм закладів вищої освіти показує, що успішне формування компетентності досягається шляхом екологізації змісту дисциплін природничого циклу. Включення тем сучасних екологічних викликів у базові дисципліни сприяє глибшому розумінню взаємозв'язку природних і соціальних систем (Коренева, 2020). Ефективними методами є еко-проєкти, польові дослідження, кейс-стаді, лабораторні роботи, які розвивають здатність застосовувати теоретичні знання на практиці. Це відповідає сучасним підходам у STEM-освіті та освіті для сталого розвитку, де практичні навички вважаються наріжним елементом компетентності. Застосування цифрових інструментів (ГІС-технологій, інтерактивних платформ, віртуальних лабораторій) значно підсилює формування екологічних компетентностей, розвиває дослідницькі й аналітичні навички студентів та сприяє більш глибокому сприйняттю складних екологічних проблем (Жмурко, 2025). Недостатня інтеграція екологічної тематики в окремі дисципліни зумовлює потребу перегляду програм і міждисциплінарного підходу. Рівень цифрової компетентності здобувачів і викладачів впливає на ефективність використання ІТ-середовищ в екологічній освіті. Саме тому необхідно забезпечити постійне підвищення кваліфікації педагогічних кадрів для роботи в умовах динамічних глобальних змін.

Отже, система методичних засад як цілеспрямованого процесу формування екологічної компетентності педагогів-біологів має включати оновлення навчальних програм, впровадження практико-орієнтованої діяльності та використання сучасних освітніх технологій. Їх реалізація сприятиме підготовці фахівців, здатних не лише розуміти екологічні проблеми, а й ефективно діяти у вирішенні складних природо-соціальних проблем сучасності.

Мороз М.

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ЕКОМОНІТОРИНГУ У ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ БІОЛОГІЇ

Відокремлений структурний підрозділ «Львівський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування», вул. Замарстинівська, 167, м. Львів, 79000, Україна; e-mail: moros18@ukr.net

Moroz M. USE OF DIGITAL ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEMS IN THE PROCESS OF TEACHING BIOLOGY. The article highlights the role of digital environmental monitoring systems in teaching biology. The use of real environmental data during lessons helps students better understand ecosystems, the interaction between organisms and their environment, and the impact of environmental factors on living systems. It promotes the development of research skills, ecological awareness, and interest in biological sciences.

Сучасна біологічна освіта потребує оновлення змісту й методів навчання відповідно до умов цифровізації суспільства та збільшення екологічних викликів. Одним із ефективних напрямів модернізації є використання систем цифрового екомоніторингу в освітньому процесі. Такі системи забезпечують збір, аналіз і візуалізацію даних про стан компонентів довкілля, що дозволяє інтегрувати реальні біологічні показники в навчальну діяльність здобувачів освіти.

У процесі викладання біології цифровий екомоніторинг набуває особливого значення під час вивчення тем, пов'язаних з екосистемами, біосферою, популяційною динамікою, антропогенним впливом на природу та збереженням біорізноманіття. Робота з реальними показниками якості повітря, води або ґрунту сприяє формуванню в учнів і студентів цілісного розуміння взаємозв'язків між біотичними та абіотичними чинниками середовища. Замість абстрактних прикладів здобувачі освіти аналізують конкретні зміни екологічних параметрів та їх вплив на живі організми (Крайнюков, 2015).

Використання цифрових датчиків температури, вологості, рівня кислотності води, концентрації вуглекислого газу дозволяє організувати навчальні мінідослідження безпосередньо в межах навчального закладу або прилеглої території. Такі спостереження сприяють розвитку навичок біологічного експерименту: постановки гіпотези, планування дослідження, збору даних, їх статистичної обробки та формулювання висновків. У такий спосіб теоретичні знання з екології та біології поєднуються з практичною діяльністю.

Цифрові платформи екомоніторингу також відкривають можливості для аналізу довготривалих змін у стані екосистем. Порівняння показників різних періодів дозволяє простежити сезонну динаміку, оцінити рівень антропогенного навантаження та спрогнозувати можливі наслідки для живих організмів. Такий підхід формує системне екологічне мислення та розуміння біологічних закономірностей (Лук'янова, 2016).

Особливу роль цифровий екомоніторинг відіграє у формуванні дослідницької компетентності майбутніх фахівців біологічного профілю. Здобувачі освіти набувають умінь працювати з цифровими вимірювальними приладами, аналізувати біологічні дані, інтерпретувати результати досліджень та робити науково обґрунтовані висновки. Це підвищує рівень практичної підготовки та сприяє формуванню екологічної відповідальності.

Отже, використання систем цифрового екомоніторингу у викладанні біології забезпечує поєднання теоретичних знань із реальними екологічними спостереженнями, активізує пізнавальну діяльність здобувачів освіти та сприяє формуванню цілісного бачення функціонування живих систем. Інтеграція таких технологій у навчальний процес є перспективним напрямом розвитку сучасної біологічної та екологічної освіти.

Полянська Х., Герасим Я.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ НАВЧАННЯ В ГАЛУЗІ БІОЛОГІЧНИХ НАУК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль, 46000, Україна; e-mail: moskalyuk@tnpu.edu.ua

Polianska K., Herasym Y. ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL FOR LEARNING INTENSIFICATION IN THE FIELD OF BIOLOGICAL SCIENCES. In today's world, rapid technological growth challenges education while offering vast opportunities. Digital tools enhance interactivity, yet require educators to adapt. A key trend is the integration of Artificial Intelligence (AI). Unlike traditional biology, which is often limited by static visuals, AI enables dynamic modeling of living systems – essential for modern genetics, biochemistry, and ecology.

У сучасному світі швидкий розвиток технологій ставить перед освітою нові виклики, але водночас відкриває безмежні можливості. З одного боку, цифрові інструменти дозволяють зробити навчання більш інтерактивним та ефективним. З іншого боку, вони вимагають від освітян нових компетенцій та адаптації до постійних змін. Одним з головних трендів сучасної освіти є широке впровадження штучного інтелекту. Традиційне вивчення біології часто обмежене статичними ілюстраціями та складними для візуалізації мікропроцесами. Штучний інтелект дозволяє перейти до динамічного моделювання живих систем, що критично важливо для розуміння сучасної біології.

У дослідженні Глобального інституту McKinsey & Company, до 2030 року близько 70% бізнес-компаній будуть використовувати інструменти технології штучного інтелекту. Окрім того, в найближчі десять років майже 60% професій будуть частково автоматизованими (Bernard, 2024). Багато досліджень в галузі освіти свідчать про те, що штучний інтелект має потенціал значно підвищити ефективність навчання та персоналізувати освітній процес. Згідно з даними міжнародної наукометричної бази (WoS), у період з 2017 по 2021 рр. зареєстровано 28 663 літературних джерела, у яких розглядаються питання, пов'язана зі штучним інтелектом (Дерев'янко, 2021). Університети змушені йти в ногу з потребами суспільства, що швидко розвивається. Щоб освіта відповідала вимогам майбутнього, необхідно розробляти інноваційні підходи, які дозволять студентам отримувати знання та навички, необхідні для успішної кар'єри в епоху штучного інтелекту. Ми пропонуємо для практичної реалізації освітніх та дослідницьких завдань з біології використовувати такі інструменти: *BioGPT* (https://chatgpt.com/g/g-1188YzidI-biogpt) – спеціалізована мовна модель, яка забезпечує високу точність відповідей на специфічні питання біології та медицини, посилаючись на реальні наукові дослідження; *Khanmigo* (https://surli.cc/ukzhfj) – ШІ-репетитор, який не надає готових відповідей, а скеровує студента через уточнювальні запитання, допомагаючи самостійно опанувати складні теми, як-от цикл Кребса чи фотосинтез; *Seek* (https://surl.lt/jdplyc) – застосунок на базі комп'ютерного зору для ідентифікації флори та фауни в реальному часі, інструмент для польової практики, що надає детальну інформацію про таксономію та екологію виду; *Wildlife Insights* (https://www.wildlifeinsights.org/) – платформа на базі Google AI для автоматичного аналізу мільйонів світлин із фотопасток, що дозволяє проводити моніторинг біорізноманіття; *PlantVillage* (https://surl.li/yncaxt) – ШІ-асистент для діагностики хвороб рослин та виявлення шкідників за фотографією в польових умовах; *Global Forest Watch* (https://surl.li/ewbipo) – сервіс, що використовує алгоритми для виявлення незаконних вирубок лісу в глобальному масштабі; *PAWS* (Protection Assistant for Wildlife Security) (https://ai-for-sdgs.academy/case/290) – система для оптимізації маршрутів патрулювання з метою захисту дикої природи від браконьєрства. Завдяки таким інструментам студент-біолог трансформується у фахівця-біоінформатика, здатного проводити дослідження світового рівня, маючи лише ноутбук та доступ до відкритих баз даних.

Сова Н., Гончаренко В., Островський Р.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ У ГРІ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ УРОКІВ З БІОЛОГІЇ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: vherbarium@ukr.net

Sova N., Honcharenko V., Ostrovskyi R. USE OF GAME-BASED LEARNING TECHNOLOGIES DURING INTERACTIVE BIOLOGY LESSONS. The results of the influence of game-based methodologies on the academic achievement of secondary education students during biology lessons are presented. The topic "Cap Mushrooms" is sufficiently specific and visualized, which made it possible to create clear game associations and practical tasks aimed at selecting ecological conditions for 7th-grade students. The role-playing game "Ecosystem Council" requires a higher level of abstract thinking and the ability to analyze complex ecological interrelationships, which determined the lower level of results when this game was used in the 9th grade.

Ігрові форми організації навчання розглядаються як дієвий засіб активізації освітнього процесу, що створює умови для формування пізнавальних здібностей, навичок соціальної взаємодії та самоорганізації школярів. Залучення школярів до інтерактивних форм роботи сприяє покращенню концентрації, розвитку аналітичних здібностей та формуванню навичок автономного прийняття рішень (Сущенко, Білоконь, 2021). Дослідження проводилося у період з 1 по 28 травня 2025 року на базі ліцею «Сихівський» Львівської міської ради. Вибірку дослідження становили учні 7-х та 9-х класів закладу, що репрезентує різні вікові групи здобувачів. Особливо перспективним цей підхід вважається для природничо-наукових предметів, де критично важливим є поєднання абстрактних концепцій із емпіричним досвідом та візуалізацією процесів (Thammavongsy, Radlauer, 2022). У 7-х класах спостерігається позитивний вплив ігрових методик на академічну успішність. Клас 7-А, де застосовувалася рольова гра «Життя гриба», продемонстрував найвищий середній бал (6,48), що на 1,60 бала вище за контрольну групу (7-Б: 4,88). Клас 7-В також показав кращі результати (5,85 бала), перевищивши контрольну групу на 0,97 бала. Учні 7-х класів (12-13 років) перебувають у віці, коли ігрова діяльність залишається природною формою пізнання, що забезпечує високу мотивацію та емоційне залучення. Тема «Шапинкові гриби» є достатньо конкретною та візуалізованою, що дозволило створити чіткі ігрові асоціації та практичні завдання з підбору екологічних умов. Рольова гра «Життя гриба» мала чітку структуру, зрозумілі правила та можливість негайної перевірки правильності рішень, що забезпечило ефективне закріплення знань. Під час педагогічного спостереження зафіксовано високу активність учнів, зацікавленість обговоренням, відсутність ознак втоми. У 9-х класах ситуація протилежна. Клас 9-Б показав результат (5,54 бала), нижчий контрольної групи (9-Г: 5,94), з незначною різницею в 0,40 бала на користь контрольної групи. Натомість клас 9-В продемонстрував найнижчий показник (3,98 бала), що на 1,96 бала нижче за контрольну групу. Тема «Екосистема» та рольова гра «Рада екосистеми» вимагають вищого рівня абстрактного мислення та здатності до аналізу комплексних екологічних взаємозв'язків. Таким чином, ігрові методики у викладанні природничих дисциплін демонструють ефект лише за умови врахування вікових, індивідуальних та тематичних особливостей учнів. У 7-х класах вони підвищують успішність, тоді як у старших класах можуть не давати результатів або навіть знижувати академічні показники через складність абстрактних тем. Ефективність ігор прямо залежить від якості методичної підготовки педагога та наявності ресурсів для розробки сценаріїв. Без ретельного планування та адаптації до специфіки класу вони ризикують стати формальним доповненням, яке не покращує засвоєння матеріалу.

Тис К., Клепач Г.

ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ У СТАРШОКЛАСНИКІВ З БІОЛОГІЇ ПІД ЧАС ПОЛЬОВИХ ТА ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Шевченка, 23, м. Дрогобич, 82100, Україна; e-mail: kateryna.tys@dspu.edu.ua

Tys K., Klepach H. FORMATION OF HIGH SCHOOL STUDENTS' RESEARCH COMPETENCE IN BIOLOGY THROUGH FIELD AND LABORATORY STUDIES OF WATER BODIES' CONDITION. The study demonstrates the formation of research competence in high school biology students through the integration of educational and research activities. The effectiveness of using mini-laboratories for conducting field and laboratory assessments of water bodies is substantiated as a tool for developing natural science literacy and STEM skills. This approach promotes the development of critical thinking, environmental awareness, and students' intrinsic motivation for independent scientific inquiry.

Модернізація освітньої системи України та реалізація Концепції «Нова українська школа» вимагають впровадження компетентнісного підходу для формування особистості, здатної до саморозвитку в умовах глобальних трансформацій (Матяш, 2019). Відповідно до Держстандарту, метою галузі «Природознавство» є виховання природничонаукової компетентності як здатності застосовувати методологію наук для пояснення явищ природи та формування наукової картини світу (згідно з Державним стандартом базової та повної загальної середньої освіти, 2020). Ефективне навчання в умовах сьогодення неможливе без розвитку дослідницьких навичок, які слугують основою пізнавальної самостійності учнів. Інтеграція навчально-дослідницької діяльності старшокласників із виконанням польових та лабораторних досліджень є одним із інструментів для формування ключових умінь – аналізу, синтезу, експериментування, а також розвитку екологічної свідомості, що є важливим складником сучасної біологічної освіти (Сільвашко, 2023). Створення мінілабораторій, де виконуються лабораторні дослідження по вивченню стану водних об'єктів за чітко встановленими критеріями та показниками може стати ефективним освітнім середовищем для розвитку дослідницьких умінь старшокласників (Литвиненко, 2020). Використання доступних матеріалів та простих інструментів уможливить самостійно здійснювати експерименти, спостерігати природні явища, аналізувати результати та робити висновки на основі практичного досвіду. Такий підхід відповідає принципам STEM-освіти, адже інтегрує знання з біології, хімії, фізики, математики й технологій, забезпечуючи цілісне розуміння процесів, що відбуваються у водних екосистемах (Климович, 2018). Важливо, що акцент робиться не лише на засвоєнні готових знань, а на самому дослідницькому процесі: учні аналізують науково-методичну літературу, спостерігають стан об'єктів під час польових досліджень, відбирають зразки води, планують, та здійснюють дослід у мінілабораторії, спостерігають за його перебігом, фіксують та аналізують дані, формують гіпотези, висловлюють припущення й роблять висновки. Усе це сприяє розвитку наукового мислення, екологічної свідомості та формуванню практичних навичок та дослідницьких вмінь, необхідних для оцінки стану водного об'єкта чи екосистеми загалом.

Отже, поєднання класичної методики викладання біології з елементами дослідницької діяльності, зокрема через використання польових і лабораторних досліджень у межах мінілабораторій, є перспективним напрямом розвитку сучасної біологічної освіти. Такий підхід уможливлює не лише засвоювати знання, а й формувати ключові життєві навички: критичне мислення, уміння працювати в команді, самостійно здобувати інформацію та робити висновки на основі фактів. Подальше вдосконалення форм і методів дослідницького навчання сприятиме глибшому залученню учнів до науки, розвитку їхньої екологічної свідомості та внутрішньої мотивації до навчання.

Тхорик В., Волошанська С.

ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ЯК ОБ'ЄКТИ ВИВЧЕННЯ ШКІЛЬНОГО КУРСУ БІОЛОГІЇ РОСЛИН

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, 82100, Україна; e-mail: svitlana.voloshanska@gmail.com

Thoryk V., Voloshanska S. MEDICINAL PLANTS AS OBJECTS OF STUDY OF THE SCHOOL COURSE OF PLANT BIOLOGY. The article provides examples of methodological approaches to the study of medicinal plants as objects of teaching plant biology. By studying medicinal plants at school, students acquire new knowledge, develop research skills, and show interest in studying biology.

Актуальність проблеми вивчення лікарських рослин у школі спрямоване на ознайомлення учнів із різноманітністю видів місцевої флори, їх значенням для здоров'я, охорони природи. Знання про лікарські рослини, на нашу думку, також є базовими для формування здоров'язберігаючої компетентності НУШ. Тому важливо, щоб школярі володіли інформацією про лікарські рослини та за потреби її використовували (Білик, 2022). Аналіз сучасних навчальних програм з біології для закладів загальної середньої освіти дає змогу стверджувати, що їх зміст не завжди демонструє достатній рівень уваги до вивчення лікарських рослин. Проте матеріал про лікарські рослини придатний не тільки для фрагментарного включення у зміст уроків, а й позакласних та позашкільних заходів, факультативів та гурткових занять, щоб зацікавити учнів та створити сприятливі умови для успішного вивчення біології рослин. Варто зазначити, що важливість вивчення лікарських рослин визначається змістом шкільного курсу «Біологія» для 7 класу НУШ. Знання про лікарські рослини школярі мають змогу набути у ході вивчення розділів «Характерні риси та будова вищих рослин» та «Різноманітність вищих рослин». Так, при поясненні тем «Вегетативні органи рослин (корінь і пагін), їх будова, функції та видозміни», «Видозміни пагона», «Будова листків», «Будова квіток і суцвіть» можна використати такі лікарські рослини: материнку звичайну (*Origanum vulgare* L.), м'яту перцеву (*Mentha piperita*), шавлію мускатну (*Salvia officinalis*), кульбабу лікарську (*Taraxacum officinale*), лопух справжній (*Arctium lappa* L.), кропиву дводомну (*Urtica dioica* L.), подорожник великий (*Plantago major* L.), деревій звичайний (*Achillea millefolium* L.), ромашку лікарську (*Matricaria chamomilla)* та ін. Згадані лікарські рослини є цікавими наочними об'єктами під час ознайомлення з морфологією та фізіологією рослинних організмів. Методично доречним буде використання відомостей про поширення лікарських рослин при ознайомлені з екологічними групами видів, адаптацій організмів до умов життя, їх життєвих форм, різних типів взаємозв'язків між організмами популяцій. Як зазначає педагогічний досвід, одними з найкращих методів вивчення лікарських рослин є природничі екскурсії та робота на навчально-дослідній ділянці (Матяш, 2019). Під час проведення природничих навчальних екскурсій школярі аналізують поширення лікарських рослин, знайомляться з ботанічними особливостями видів, умовами їх росту і розвитку, вчаться самостійно проводити спостереження за рослинними угрупуваннями, виготовляють гербарні зразки, збирають матеріал, який надалі можна використати на уроках та позакласних заняттях. Вивчення лікарських рослин на шкільній навчально-дослідній ділянці дає можливість ознайомити учнів з умовами їх вирощування та особливостями будови, вести спостереженням за ростом і розвитком видів, що у цілому допомагатиме школярам краще розуміти навчальний матеріал з біології рослин.

Отже, важливість вивчення лікарських рослин визначається змістом шкільного курсу біології (7 клас); при цьому лікарські рослини є вдалими навчальними об'єктами та наочним демонстраційним матеріалом як в урочній, так і позаурочній діяльності.

Тхорик В., Руй А., Коссак Г.

ФОРМУВАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ КОМПЕТЕНТОСТІ В ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ВІДПОВІДНО ДО РЕФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, 82100, Україна; e-mail: viktoriiatkhoryk@dspu.edu.ua

Tkhoryk V., Rui A., Kossak G. FORMATION OF BIOLOGICAL COMPETENCE IN STUDENTS IN ACCORDANCE WITH THE REFORM OF GENERAL SECONDARY EDUCATION. The formation of biological consciousness is achieved through the introduction of the latest educational technologies and creative innovative approaches to the organization of biology teaching. The integrity of the combination of competence, activity and research approaches contributes to the upbringing of an active, conscious, responsible personality.

Організація освітнього процесу у закладах середньої освіти відповідно до концептуальних засад Нової української школи та вимог, що закладені у нормативних документах, зокрема, у Державному стандарті базової середньої освіти, вимагає від педагогів впровадження новітніх освітніх технологій та творчих інноваційних підходів до організації навчання. Здобувачі освіти мають здобути навики якісного застосування отриманих компетентностей у практичній пізнавальній діяльності. Компетентнісний підхід до навчання передбачає орієнтацію освітнього процесу на практичний результат, формує ціннісні орієнтації, здатності до саморозвитку та самореалізації в соціумі (Куруц, 2023).

Важливо, щоб здобувачі не просто здобули теоретичні знання з біології, а могли б їх усвідомлено застосувати у практичній діяльності, тобто в учнів формується «розуміння» отриманих біологічних знань. Рівень усвідомленого оволодіння біологічними знаннями визначає діапазон їх застосування не тільки у навчальній діяльності, а й в повсякденних життєвих ситуаціях.

Адже, як зазначається у модельній навчальній програмі «Біологія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти, пріоритетними основами формування біологічної освіти є поєднання компетентнісного, діяльнісного та дослідницького підходів, які спрямовані на якісне оволодіння знаннями, уміннями та навиками (Соболь, 2024).

У цьому контексті реформування системи середньої освіти в Україні, зокрема в межах концепції Нова українська школа, передбачає перехід від знаннєвої парадигми до компетентнісного навчання. Формування біологічної компетентності здобувачів освіти набуває особливого значення, що пов'язане з розвитком наукового мислення, екологічної свідомості, культури здоров'я та відповідального ставлення до довкілля. Сучасна освітня реформа зміщує акцент із запам'ятовування фактів на розвиток біологічної свідомості, реалізується через дотримання основ сталого розвитку та збалансованого природокористування, формування навичок здорового способу життя тощо.

Отже, формування біологічної компетентності відповідно до реформування загальної середньої освіти є комплексним процесом, що потребує оновлення змісту навчання, методів викладання та ролі вчителя як фасилітатора в освітньому процесі. Дана модель сприяє вихованню активної, відповідальної особистості, здатної застосовувати біологічні знання для розв'язання реальних життєвих проблем і свідомо взаємодіяти з природним середовищем.

Яцик О.[1], Бригілевич О.[2], Демчик В.[1], Марусяк Т.[1], Одінцова А.[1]

ОЦІНКА ЗАЛУЧЕНОСТІ ШКОЛЯРІВ ДО ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ПРИРОДНИЧИХ НАУК

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]Середня загальноосвітня школа I–III ступенів № 50 міста Львова, вул. Комариця, 2, м. Львів, 79026, Україна; e-mail: anastasiya.odintsova@lnu.edu.ua

Yatsyk O., Bryhilevych O., Demchyk V., Marusiak T., Odintsova A. ASSESSMENT OF SCHOOL STUDENTS' ENGAGEMENT WITH DIGITAL TECHNOLOGIES IN SCIENCE EDUCATION. The availability of digital resources for school students exacerbates the problem of low awareness of living organisms, particularly plants. Direct observation of organisms in nature competes with the search for information about them through online sources. Analysis of the developed questionnaire revealed positive experiences in using digital resources for learning biology and a high interest in field observations. This can serve as a common starting point for fostering a culture of citizen science through schoolchildren's study of biodiversity.

Цифрова трансформація освіти є серед пріоритетів політики Міністерства освіти і науки України (https://mon.gov.ua/tag/tsifrova-transformatsiya-osviti-i-nauki?&type=posts&tag=tsifrova-transformatsiya-osviti-i-nauki) та Європейського Союзу. Зокрема, одним із поточних напрямів діяльності Євросоюзу є підтримання цифрового переходу через впровадження відповідної стратегії для наук про життя (https://commission.europa.eu/priorities-2024-2029en). Розвиток цифрових компетенцій вчителів та учнів у вивченні природничих наук активно обговорюється (Юрченко та ін., 2023; Блажко та ін., 2024; Дегтярьова, 2024; Шведова, Тітова, 2024). Проблема в тому, що для збільшення мотивації учнів при вивченні природничих наук, зокрема ботаніки, виділяють протилежні засоби: поглиблення цифровізації та практичну діяльність і спостереження в природі (Husamah et al., 2025). Водночас, доступність цифрових ресурсів для учнів поглиблює проблему низької обізнаності з об'єктами живої природи. А саме: безпосереднє вивчення живих організмів через спостереження в природі може конкурувати із пошуком фактів про ці організми через відео, фото та текстові повідомлення в інтернеті. Для з'ясування обсягу використання інтернет-ресурсів та пріоритетів при вивченні біології в школі ми розробили і використали анонімний опитувальник у Google-forms. Опитування проводили серед учнів 6–11 класів ліцею «Сихівський», ЛСЗШ «Будокан» та ЛСЗШ № 50 (м. Львів). Дослідження виявило стійкий інтерес учнів до застосування інтерактивних методів тестування та середню регулярність у використанні інтернету на уроках з біології. Учні переважно обирали позитивне ставлення до використання цифрових ресурсів, найчастіше як до джерела корисної інформації (71%). Серед творчих завдань значно більше зацікавлення викликали завдання на спостереження за розвитком тварини, рослини або фотозвіт про незнайомі види рослин (разом 55% учнів), ніж створення презентації за даними з інтернету (23%). Серед пріоритетних об'єктів вивчення найчастіше обирали хребетних тварин (25%), віруси і бактерії та рослини (по 18%), значно менше учнів цікавили групи організмів: комахи і павуки, гриби і слизовики, молюски і черви. Збереження високого інтересу до вивчення живих об'єктів та тлі широкого впровадження цифрових технологій відкриває можливості синтезу цих інтересів та переходу освітнього процесу до вищих когнітивних рівнів, а саме, навчання через дослідження, застосування, оцінювання та творчість. Регулярне використання інтернет-сайтів учнями при вивченні біології зумовлює необхідність з боку вчителя керувати освітнім процесом у цьому напрямі та сприяти подальшому розвитку цифрових компетенцій учнів. Ефективним та доступним напрямом навчання учнів, що поєднує цифровізацію та практичну діяльність у природі, може стати дослідження видового різноманіття рослин, макроскопічних грибів, птахів та комах у місцевості проживання за допомогою мобільного пристрою, що, водночас, сприятиме підвищенню обізнаності про живі організми та залученню школярів до громадянської науки через роботу з міжнародними базами даних для вивчення біорізноманіття (GBIF, iNaturalist), мобільним застосунком Seek від iNaturalist та іншими спеціальними цифровими ресурсами.

Vitsiuk A.

USING OF MEDICAL-BIOLOGY TERMINOLOGY IN ENGLISH LANGUAGE CLASSES FOR PROFESSIONAL ORIENTATION

Kyiv Medical University, Boryspilska St.,2, Kyiv, 02099, Ukraine; email: a.vitsiuk@kmu.edu.ua

A significant factor in the professional growth of a modern medical worker is a high level of foreign language communicative competence. English as a means of international communication allows specialists to join global achievements in the field of healthcare, publish the results of their own research in authoritative foreign publications, and participate in international conferences and forums. That is why special attention is paid to the formation of English-speaking professional competence of future doctors today.

As is known, the study of any educational component begins with the assimilation of its conceptual apparatus, that is, with specific terms and concepts. This also applies to the study of English in a professional orientation in the first year of medical university.

Biological terms studied in professional English classes can be divided into three categories, namely:

1. Genetics and the cell (gene, mitosis, meiosis);
2. Ecology and evolution (antibiotic, bacteria, vitamins);
3. Physiology and metabolism (gallbladder, myocardium, prolactin).

Anatomical, clinical, and pharmaceutical terminology is also used during training. It is based on Latin and ancient Greek, which allows future doctors around the world to understand each other. Anatomical terms are used to describe the structure of the human body. Popular ones include heart, liver, lungs, ribs, joints, etc.

Clinical terminology is used to describe diseases, symptoms, and treatments. Most terms are compound words (composites) made up of root words:

- -itis – inflammation (for example, gastritis – inflammation of the stomach);
- -logy – science (for example, cardiology – the science of the heart);
- -scopy – visual examination (e.g. gastroscopy);
- -pathy – disease, suffering (for example, mastopathy).

Greek indicator prefixes are also popular, whichindicate the state or quantity:

- Hyper – (excess): hypertension (high blood pressure);
- Hypo – (insufficiency): hypoxia (lack of oxygen);
- Dys – (impairment of function): dysplasia (abnormal development or structural change in cells, tissues, or organs, most often epithelium or bones, accompanied by a violation of their structure and maturation);
- Macro / Micro – (large / small): macrocephaly (excessively large head).

In addition, an important place among the terms is occupied by international abbreviations that every medical student needs to know. For example, BP – Blood Pressure; HR – Heart Rate; CNS – Central Nervous System.

Therefore, mastering medical and biological terminology is an integral part of the training of students of medical faculties of higher education institutions. During the educational process, students of higher education institutions have to use special modern terminology, which contributes to the conscious mastering of the academic discipline, improving the level of knowledge and forming a highly qualified and competitive specialist in the field of medicine.

БІОФІЗИКА
BIOPHYSICS

Будевич А., Генега А.

ПРОЦЕСИ ЛІПОПЕРОКСИДАЦІЇ У ЗАРОДКАХ В'ЮНА *MISGURNUS FOSSILIS* L. ЗА ВПЛИВУ АМІНОКИСЛОТНИХ ПОХІДНОГО 1,4-НАФТОХІНОНУ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: anastasiia.Budevych@lnu.edu.ua

Budevych A., Heneha A. LIPID PEROXIDATION PROCESSES IN EMBRYOS OF *MISGURNUS FOSSILIS* L. UNDER THE ACTION OF AN AMINO ACID DERIVATIVE OF 1,4-NAPHTHOQUINONE. Lipid peroxidation in loach (*Misgurnus fossilis* L.) embryos exposed to an amino acid derivative of 1,4-naphthoquinone was investigated. TBA-reactive substances were used as a marker of oxidative stress. Treated embryos showed an increased malondialdehyde level compared to the control. The highest level was observed at the 64-blastomere stage. These results indicate a prooxidant effect of the compound and its ability to induce oxidative damage during early embryogenesis.

Пероксидне окиснення ліпідів є важливим показником інтенсивності вільнорадикальних процесів та розвитку оксидативного стресу в клітинах (Лущак, 2014). У ході ліпопероксидації утворюються вторинні продукти, зокрема малоновий діальдегід, який визначають за реакцією з тіобарбітуровою кислотою і використовують як інформативний маркер ушкодження біологічних мембран (Санагурський, 2015). Особливо чутливими до дії прооксидантних чинників є клітини на ранніх стадіях ембріогенезу (Мандзинець, 2021). Значний інтерес викликають амінокислотні похідні 1,4-нафтохінону, зокрема глутамінове похідне, оскільки включення амінокислотного залишку може змінювати їх біологічну активність, проникність через клітинні мембрани та здатність впливати на окисно-відновні процеси. Відомо, що такі сполуки можуть генерувати активні форми кисню та проявляти виражену цитобіологічну дію, що визначає перспективність їх дослідження як потенційно біологічно активних агентів. У результаті проведених досліджень встановлено, що за впливу амінокислотного похідного 1,4-нафтохінону у концентрації 10^{-5} М у зародках *Misgurnus fossilis* L. відбувається достовірне підвищення вмісту ТБК-позитивних продуктів порівняно з контрольними значеннями на всіх досліджених стадіях дроблення. Зокрема, вже на ранніх стадіях розвитку (2 та 16 бластомерів) спостерігалося зростання рівня малонового диальдегіду, що свідчить про інтенсифікацію процесів пероксидного окиснення ліпідів та підвищену чутливість клітин до дії досліджуваної сполуки. Максимальне накопичення ТБК-позитивних продуктів виявлено на стадії 64 бластомерів, що, ймовірно, пов'язано з високою метаболічною активністю клітин і посиленою генерацією активних форм кисню у цей період розвитку. На наступних стадіях ембріогенезу (256 та 1024 бластомери) рівень малонового диальдегіду дещо знижувався порівняно з піковим значенням, проте залишався достовірно вищим за контроль, що може вказувати на тривалий прооксидантний вплив амінокислотного похідного 1,4-нафтохінону та часткове включення адаптаційних механізмів антиоксидантного захисту. Отримані результати свідчать про активацію процесів ліпопероксидації та розвиток оксидативного стресу у клітинах зародків за дії досліджуваної сполуки. Таким чином, амінокислотне похідне 1,4-нафтохінону чинить виражений прооксидантний вплив на зародки *Misgurnus fossilis* L., що проявляється у посиленні процесів пероксидного окиснення ліпідів. Підвищення вмісту ТБК-позитивних продуктів свідчить про порушення прооксидантно-антиоксидантної рівноваги, яке полягає у надмірному утворенні активних форм кисню та виснаженні антиоксидантних систем клітини, що призводить до накопичення вторинних продуктів ліпопероксидації, зокрема малонового діальдегіду. Це може спричиняти ушкодження структурних компонентів біологічних мембран і зміну їх функціональних властивостей. Отримані дані вказують на здатність досліджуваної сполуки індукувати розвиток оксидативного стресу в клітинах зародків.

Грень Н., Боднарчук Н., Гарасим Н.

РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРОВІ САМОК ЩУРІВ ЗА ДІЇ ГІСТАМІНУ ТА РАНІТИДИНУ

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: nataliya.harasym@lnu.edu.ua

Hren N., Bodnarchuk N., Harasym N. RHEOLOGY OF FEMALE RAT BLOOD UNDER THE ACTION OF HISTAMINE AND RANITIDINE. The combination of ranitidine (0,1 μM) with histamine leads to a decrease in the platelet aggregation coefficient. Ranitidine (10 μM) reduces the hematocrit in erythrocytes of female rat blood. Ranitidine at a concentration of 10 μM, as well as ranitidine at a concentration of 1 μM in combination with histamine lead to a decrease in the degree of erythrocyte compaction compared to the control.

Відомо, що гістамін є біогенним аміном та медіатором алергічних реакцій (Гарасим, 2024). Для нівелювання шкідливої дії гістаміну застосовують блокатори гістамінових рецепторів. Ранітидин є блокатором Н2 рецепторів. Попередні дослідження дозволили встановити, що в еритроцитах міститься гістамін, проте невідомо, чи він синтезується ними, чи сорбується із загального русла крові, а також яку ж роль має гістамін в еритроцитах. Відомо, що гістамін зумовлює згущення крові, тобто впливає на реологію (Радченко, 2017). Проте сумісна дія гістаміну і ранітидину залишається невивченою щодо впливу на реологічні властивості крові. Тому метою дослідження є виявлення змін коефіцієнта агрегації тромбоцитів, гематокриту, коефіцієнта деформації еритроцитів, ступеня ущільнення еритроцитів, еритроцитарних агрегатів крові самок щурів за дії гістаміну та ранітидину. В ході експерименту до цільної крові додавали гістамін (5,4 мкМ), розчини ранітидину (0,1; 1; 10 мкМ). Були сформовані групи, до зразків цільної крові яких додавали ранітидин (відповідно 0,1; 1; 10 мкМ) і після інкубації додавали гістамін. Встановлено, що гістамін зумовлює тенденцію до підвищення коефіцієнта агрегації тромбоцитів крові самок щурів. Ранітидин в концентрації 0,1 мкМ знижує коефіцієнт агрегації тромбоцитів на 43%. Поєднана дія ранітидину з гістаміном зумовлює зниження коефіцієнта агрегації тромбоцитів порівняно із контролем на 27% та з незалежною дією гістаміну на 62% за концентрації ранітидину 0,1 мкМ. Гістамін на фоні дії ранітидину у концентрації 1 мкМ підвищує коефіцієнт агрегації тромбоцитів на 67%. Отже, ранітидин змінює коефіцієнт агрегації тромбоцитів порівняно з контролем, а також із групою крові, до якої додавали гістамін. Нами не було виявлено зміни показника порівняно із незалежною дією ранітидину. Тому, ймовірно, потенційний Н2 рецептор на мембрані тромбоцитів не пов'язаний із регуляцією коефіцієнта агрегації тромбоцитів. За дії ранітидину у концентрації 10 мкМ відбувається зниження гематокриту на 50%. Відомо, що гострі інфекції зумовлюють запальні реакції, що призводять до сепсису. Це зменшує кількість еритроцитів, які потрапляють у кровообіг. Враховуючи це, доцільно вважати, що ранітидин у високій концентрації ушкоджує еритроцити, що веде до втрати їхньої цілісності і до зниження гематокриту.

Інкубація еритроцитів з ранітидином різних досліджуваних концентрацій з наступним додаванням гістаміну не змінює рівня гематокриту. Хоча найнижчий рівень гематокриту виявився за поєднаної дії ранітидину у концентрації 10 мкМ та гістаміну (різницю не підтверджено достовірно). За вивчення коефіцієнту деформації еритроцитів нами не було встановлено достовірних змін показника, як за впливу гістаміну, ранітидину, так і за поєднаної дії досліджуваних чинників. Ранітидин у концентрації 10 мкМ веде до зниження ступеня ущільнення еритроцитів на 57%. Поєднана дія ранітидину у концентрації 1 мкМ з гістаміном веде до зниження ступеня ущільнення еритроцитів порівняно з контролем та групою еритроцитів, до якої додавали ранітидин у зазначеній концентрації на 40 та 48% відповідно. Отже, ранітидин у конценрації 1 мкМ, ймовірно, блокує Н2 рецептор і це веде до зниження ступеня ущільнення еритроцитів. Виявлено, що за дії гістаміну, ранітидину та поєднаного їхнього введення не відбувалося змін показника еритроцитарних агрегатів.

Дзядевич Е.[1], Войтешенко І.[2]

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ БАР'ЄРІВ ТАУТОМЕРИЗАЦІЇ ВІД ПЛАНАРНОСТІ ОСНОВ ДНК

[1] Український фізико-математичний ліцей Київського національного університету імені Тараса Шевченка, просп. Академіка Глушкова, 6, м. Київ, 03187, Україна;
[2] Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська 60, м. Київ, 01033, Україна; e-mail: edyadzyadevych787@gmail.com

Dzyadevych E., Voiteshenko I. DEPENDENCE OF TAUTOMERIZATION ENERGY BARRIERS ON THE PLANARITY OF DNA BASES. This study investigates the dependence of tautomerization energy barriers of DNA nitrogenous bases on molecular non-planarity. Quantum-chemical calculations were performed for adenine, thymine, guanine, and cytosine using the Hartree-Fock method with systematic variation of the torsion angle. The influence of structural distortion on forward and reverse energy barriers was evaluated. The results showed that non-planarity increases the barriers for guanine and cytosine, while decreasing them for adenine and thymine, indicating different susceptibility to tautomeric transitions. These findings demonstrate that conformational changes significantly affect the stability of DNA bases and may influence the probability of spontaneous mutations.

Таутомеризація азотистих основ ДНК є одним із ключових механізмів спонтанного мутагенезу, оскільки перехід у рідкісні таутомерні форми може призводити до помилок під час реплікації. Особливий інтерес становить вплив просторової конфігурації (планарності або викривлення) молекули на енергетичні бар'єри таких переходів.

Метою дослідження було визначити залежність енергетичних бар'єрів таутомеризації основ ДНК (аденіну, гуаніну, тиміну та цитозину) від зміни одного із торсійних кутів циклу основи, тобто від непланарності молекули. Дослідження виконано методом квантово-хімічного моделювання на основі методу Гартрі-Фока. Оптимізацію початкових, перехідних і таутомерних станів здійснювали в програмному комплексі Gaussian 09 із фіксацією положень атомів, що формують досліджуваний торсійний кут. Торсійний кут змінювали в межах від 0° до 40° з кроком 5°, що дозволило простежити залежність прямих і зворотних енергетичних бар'єрів від ступеня викривлення молекули.

У ході дослідження встановлено, що для гуаніну та цитозину зі збільшенням непланарності спостерігається зростання енергетичних бар'єрів (для прямого переходу близько 8 ккал/моль), що вказує на їх високу стабільність і меншу схильність до мутацій. Натомість для аденіну та тиміну виявлено протилежну тенденцію: викривлення структури сприяє зменшенню бар'єра таутомеризації (для аденіну зміна прямого бар'єра становить близько 4 ккал/моль), що підвищує ймовірність мутаційних подій.

Отримані результати підтверджують суттєвий вплив конформаційних змін на енергетику таутомеризації основ ДНК та поглиблюють розуміння молекулярних механізмів збереження генетичної інформації.

Кістриця Ю., Тарновська А.

ВПЛИВ ВІБРАЦІЇ ТА ШУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ НА ПРОМИСЛОВИХ І ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79001, Україна; e-mail: yuliia.kistrytsia@lnu.edu.ua

Kistrytsia Y., Tarnavska A. THE INFLUENCE OF VIBRATION AND NOISE ON THE HUMAN BODY IN INDUSTRIAL AND TRANSPORT ENTERPRISES. The *in vivo* and *in situ* effect of occupational noise and vibration on workers of various specialties was determined. Instrumental measurements using *Casella* devices established that the equivalent noise levels range from 58 dB to 87 dB, and vibration acceleration ranges from 22 m/s² to 61 m/s² depending on the equipment. Based on literature data, the correlation between these physical factors and the development of sensorimotor polyneuropathy, hearing loss, and general vibration disease is described.

Вібрація та виробничий шум є одними з найпоширеніших фізичних факторів, які чинять комплексний негативний вплив на організм людини в умовах виробництва. Тривала дія цих чинників призводить до стійких функціональних та органічних змін у нервовій, серцево-судинній та опорно-руховій системах.

Наукові дослідження підтверджують, що поєднана дія шуму та вібрації має синергетичний ефект, прискорюючи розвиток професійних захворювань, зокрема вібраційної хвороби та нейросенсорної приглухуватості (Bovenzi, 2015; Nelson et al., 2005). Вважають, що ступінь фізіологічних розладів прямо залежить від спектральних характеристик вібрації (локальної чи загальної), еквівалентного рівня шуму та часу експозиції. Метою роботи було визначити фактичні рівні шумового та вібраційного навантаження на працівників різних галузей та проаналізувати їхній потенційний вплив на організм на основі сучасних наукових даних. Інструментальні заміри проводилися безпосередньо на робочих місцях в умовах промислових та транспортних підприємств. Для вимірювання еквівалентних рівнів шуму та параметрів віброприскорення використовували спеціалізоване обладнання компанії Casella. Об'єктами дослідження стали робочі місця слюсарів-складальників (робота з вібростолами), водіїв легкових та вантажних автомобілів, складачів поїздів та монтерів колій (вплив платформ потягів), а також робітників, що використовують ручний інструмент (перфоратори, циркулярні пили). Встановили, що рівні акустичного навантаження суттєво відрізняються залежно від типу обладнання. Найвищі показники еквівалентного рівня шуму зафіксовано під час роботи електромеханіків із перфоратором – 87 дБ, що перевищує комфортні акустичні межі та наближається до гранично допустимих рівнів. Робота слюсарів-складальників біля вібростолів супроводжується шумом на рівні 83 дБ. У кабінах транспортних засобів рівень шуму є порівняно нижчим: для вантажних автомобілів він становить в середньому 65 дБ, а для легкових – 58 дБ. Аналіз вібраційного навантаження виявив значні рівні впливу на працівників. Еквівалентний рівень віброприскорення локальної вібрації, що передається на руки працівників, становить 22 м/с² під час роботи з перфоратором та 28 м/с² при використанні циркулярної пили. Показники загальної вібрації, яка впливає на все тіло, виявилися ще вищими: для вібростолів цей показник дорівнює 30 м/с², на платформах потягів – 52 м/с², у кабінах легкових автомобілів – 48 м/с², а найвище значення зафіксовано для вантажних автомобілів – 61 м/с².

Доведено, що локальна вібрація вражає нервову систему та судини кистей, викликаючи синдром Рейно і сенсорну поліневропатію (Nilsson et al., 2017). Загальна вібрація призводить до патологій міжхребцевих дисків, вестибулярних та шлунково-кишкових розладів (Johanning, 2015). Одночасна дія шуму виснажує ЦНС, провокуючи хронічний стрес та стійке підвищення артеріального тиску (Basner et al., 2014).

Отже, інструментальні вимірювання підтверджують значне шумове (до 87 дБ) та вібраційне навантаження (до 61 м/с²) на працівників досліджуваних професій. Отримані дані вказують на високий ризик розвитку вібраційної хвороби та патологій слухового аналізатора, що вимагає обов'язкового застосування засобів індивідуального захисту (антивібраційні рукавиці, навушники) та суворого дотримання режимів праці й відпочинку.

Коберенко В.[1], **Шалай Я.**[1], **Мітіна Н.**[2], **Заіченко О.**[2], **Бабський А.**[1]

ЗМІНИ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦІАЛУ МІТОХОНДРІЙ У КЛІТИНАХ КОЛОРЕКТАЛЬНОГО РАКУ ЗА ДІЇ ПОХІДНОГО ТІАЗОЛУ

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]Національний університет «Львівська політехніка», пл. Святого Юра, 9, м. Львів, 79000, Україна; e-mail: vasylynakoberenko@gmail.com

Koberenko V., Shalai Ya., Mitina N., Zaichenko O., Babsky A. ALTERATIONS OF MITOCHONDRIAL MEMBRANE POTENTIAL IN COLORECTAL CANCER CELLS INDUCED BY A THIAZOLE DERIVATIVE**.** This study assessed mitochondrial potential changes in HCT116 colorectal cancer cells upon exposure to the thiazole derivative BF1 and its PEG-based complex Th6. Fluorescence microscopy and ImageJ-assisted quantification were employed to measure mitochondrial potential. Th6 was found to significantly decrease mitochondrial potential by 30% whereas the polymer carrier Th5 showed only a minor, non-significant decrease. Our findings demonstrate that BF1-mediated decrease in mitochondrial membrane potential is a prominent feature of its cellular impact, potentially underlying the antineoplastic properties of this thiazole derivative.

На сьогодні хіміотерапія залишається одним із найефективніших методів лікування ракових новоутворень. Проте цей підхід має значні недоліки, зокрема високу токсичність, недостатню специфічність і низьку селективність. Тому розробка нових протиракових препаратів, які поєднували б високу ефективність із мінімальною токсичністю, залишається актуальним завданням.

Тіазольні похідні активно застосовуються в медицині як антибактеріальні, протипаразитарні та протипухлинні засоби. Водночас механізми їхньої дії досі недостатньо вивчені та потребують подальших досліджень.

У роботі досліджували некон'юговане похідне тіазолу N-(5-бензил-1,3-тіазол-2-іл)-3,5-диметил-1-бензофуран-2-карбоксамід (БФ1) та його комплекс (Th6) з полімерним носієм на основі поліетиленгліколю (ПЕГ-ПН, Th5), що продемонстрували цитотоксичність до ракових клітинних ліній *in vitro* (Finiuk *et al*., 2021). Метою роботи було дослідити вплив БФ1 та його комплексу з полімерним носієм на мембранний потенціал мітохондрій у клітинах колоректального раку (HCT116).

Клітини висівали у 96-лункові планшети (100 мкл/лунка) із щільністю 5000 клітин на лунку та інкубували протягом доби. Через 24 години додавали досліджувані речовини у діючих концентраціях 10 мкМ та інкубували протягом 30 хвилин. Мембранний потенціал мітохондрій визначали за допомогою барвника тетраметилродаміну та інвертованого мікроскопа Olympus IX73. Отримані зображення фіксували цифровою камерою DP-74 і аналізували за допомогою програми ImageJ. Статистичну обробку даних виконували у MS Excel, а достовірність результатів оцінювали, розраховуючи коефіцієнт Стьюдента.

Комплекс БФ1 та полімерного носія (Th6) виявився найбільш ефективним, та знизив інтенсивність флуоресценції клітин HCT116 на 30% (** – $P < 0,01$). Речовина БФ1 також знижувала інтенсивність флуоресценції, але ці зміни не були достовірними. Вільний полімерний носій не впливав на інтенсивність флуоресценції у клітинах HCT116.

Таким чином, комплекс тіазольного похідного БФ1 із полімерним носієм на основі поліетиленгліколю сприяє зниженню мембранного потенціалу мітохондрій у клітинах колоректального раку HCT116. Зміни мембранного потенціалу мітохондрій відіграють важливу роль у механізмі дії досліджуваних сполук, що робить похідне БФ1 перспективним протипухлинним засобом.

Пінчак Ю.-Р., Тарновська А.

ВИКОРИСТАННЯ LED-ТЕХНОЛОГІЙ У РЕГУЛЮВАННІ РОСТУ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН: ПЕРСПЕКТИВИ ОПТИМІЗАЦІЇ СПЕКТРУ ОСВІТЛЕННЯ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: rostyslavpinchak@gmail.com

Pinchak Yu.-R., Tarnovska A. THE USE OF LED TECHNOLOGIES IN REGULATING THE GROWTH OF CULTIVATED PLANTS: PROSPECTS FOR SPECTRAL OPTIMIZATION. A systematic analysis of the impact of LED lighting with varying spectral compositions on the growth and development of cultivated plants, specifically tomatoes (*Solanum lycopersicum*) and lettuce (*Lactuca sativa*), is presented. A comparative assessment of the effectiveness of monospectral and combined lighting was conducted within the context of biomorphological indicators, photosynthetic activity, and energy efficiency.

Одним із найважливіших факторів навколишнього середовища є світло, не лише як джерело енергії, а й як сигнал, що регулює ключові фази онтогенезу. У традиційному тепличному землеробстві застосовують натрієві, люмінесцентні та металогалогенні лампи, проте вони мають низький коефіцієнт корисної дії та обмеженість спектрального регулювання. Натомість світлодіодні (LED) системи відкривають нові можливості для оптимізації росту культурних рослин завдяки високій енергоефективності, довговічності та здатності генерувати вузькоспектральне випромінювання. Особливої актуальності набуває оптимізація спектру світла в системах закритого ґрунту: у вертикальних фермах, аеропоніці та вирощуванні мікрозелені. Світлодіоди дозволяють точно модулювати спектр освітлення. Основними діапазонами, що використовуються у вирощуванні рослин, є: червоне R (660 нм), синє B (450 нм), зелене G (520–550 нм) та далекочервоне (730 нм). Червоне світло стимулює подовження стебел, цвітіння та накопичення біомаси. Синє – впливає на утворення листків, коренів і гальмує витягування паростків. Комбіноване червоно-синє освітлення забезпечує збалансований фотоморфогенез. Згідно з дослідженнями (Li & Wang, 2023; Martínez *et al*., 2024), співвідношення R:B = 3:1 є оптимальним для багатьох культур, включаючи салат, томат і мікрозелень. Відомо, що введення зеленого спектру покращує проникність світла в нижні шари листя (Jones et al., 2022).

Мета нашої роботи полягала в досліджені ефективності використання різних спектральних режимів LED-освітлення для стимулювання росту та розвитку паростків культурних рослин. Об'єктом дослідження були сільськогосподарські рослини томат (*Solanum lycopersicum*) та салат (*Lactuca sativa*). Умови вирощування: температурний режим +24 ± 1°C, відносна вологість повітря – 65%, фотоперіод – 16/8 годин, DLI ≈ 18 $mol \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$. LED-панелі забезпечували чотири режими освітлення: лише червоне R (660 нм), лише синє B (450 нм), комбіноване R:B = 3:1, контрольне біле світло (4000 K). Оцінювали такі показники, як висоту рослин, площу листкової поверхні, вміст хлорофілу (за методом Арнона), коефіцієнт фотохімічної ефективності Fv/Fm.

Отримані результати свідчать, що комбіноване освітлення (R:B = 3:1) забезпечує максимальний приріст біомаси, площі листкової поверхні та найвищі показники фотосинтетичної активності. Монохромне червоне світло сприяло витягуванню стебел, але мало нижчі показники хлорофілу та Fv/Fm. Синє – формувало компактні рослини, однак уповільнювало загальний ріст. Отже, світлодіодне освітлення дозволяє ефективно керувати морфогенезом культурних рослин завдяки спектральній селективності. Комбіноване світло забезпечує оптимальну морфологію, енергозбереження та продуктивність у тепличних системах.

Свищ М.[2], Ворощук З.[2], Бобошко О.[2], Бура М.[1], Сибіль М.[2], Виноградський Б.[2]

ЕКСКРЕЦІЯ КРЕАТИНІНУ У СЕЧІ ЛУЧНИКІВ ПІСЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ АУТОТРЕНІНГУ

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, вул. Костюшка, 11, м. Львів, 79007, Україна; e-mail: marta.bura@lnu.edu.ua

Svyshch M., Voroshchuk Z., Boboshko O., Bura M., Sybil M., Vinohradskyi B.
URINARY CREATININE EXCRETION IN ARCHERS AFTER AUTOGENIC TRAINING. The level of urinary creatinine in the athletes during training camps measured before and after physical exertion, corresponded to the range of metabolite concentrations observed in relatively healthy adults not exposed to excessive physical load. A significant decrease in urinary creatinine concentration (19.2 ± 0.5%) was observed in the archers who completed the author's autogenic training program, both before and after physical exertion, but only during official competitions.

Результативність у стрільбі з лука обумовлена рівнем комплексної підготовки лучників, упровадженням АТ-методики психологічного тренування (наприклад, аутотренінг), удосконалення техніки пострілу тощо (Solonenko, 2021). Рівень креатиніну в крові та сечі може слугувати індикатором м'язової маси, інтенсивності тренувального процесу та залежить від виду спорту (Banfi, 2023), а також допомагає в моніторингу відновлення для оцінки функції нирок у спортсменів (Di Gioia, 2025) та запобіганні стану перетренованості (Павлова, 2011; Сибіль, 2018). Тому на сьогодні важливим є ідентифікувати найінформативніші біомаркери сечі, що вказують на стан гідратації спортсменів, які можуть бути пов'язані з оцінкою продуктивності під час змагань (Djaoui, 2017) та відновленням організму після змагань. Метою даної роботи був аналіз змін концентрації креатиніну в сечі лучників за різних психологічних та фізичних навантажень. Спортсменів-юнаків рандомно поділено на дві групи (експериментальну та контрольну), по 8 осіб (майстрів спорту (МС) та кандидатів у майстри спорту (КМС); вік учасників – 19,8 ± 0,27 років). Психолого-педагогічний експеримент полягав у впровадженні АТ-курсу (аутотренінгової спеціалізованої методики) регуляції психологічного стану лучників експериментальної групи упродовж не менше 8 тижнів. Щоденне заняття АТ-курсу рівня психологічної підготовленості лучників тривало 10–13 хв, включало концентрацію уваги на кожному елементі техніки та характері емоційного стану спортсмена під час виконання пострілу з лука (Виноградський, 2012). Середня кількість ідеомоторних сеансів становила 5–6 на тиждень, загальна тривалість на тиждень – 50–60 хв. Дослідження біологічної рідини спортсменів проводили впродовж двох етапів: зразки сечі відбирали під час тренувального та змагального навантажень до та після фізичної рухової активності. Концентрацію креатиніну в сечі спортсменів визначали спектрофотометричним методом з пікриновою кислотою (Сибіль, 2018).

Рівень креатиніну в сечі спортсменів під час тренувальних зборів відповідає діапазону концентрацій метаболіту у відносно здорових дорослих людей (Sallsten, 2021) без надмірного фізичного навантаження (Johner, 2015). Значення показника креатиніну в сечі лучників до фізичного навантаження становить 4,95 ммоль/добу, що свідчить про економне використання креатинфосфату під час стану відносного спокою, що притаманне для спортсменів. Виконання традиційного фізичного тренувального навантаження лучників призводило до достовірного збільшення концентрації креатиніну у зразках сечі в контрольній групі, що узгоджується з науковими даними (Kashani, 2020; Сибіль, 2018). Встановлено достовірне зниження концентрації креатиніну на 19,2 ± 0,5% в сечі лучників під час офіційних змагань порівняно з контролем, які застосовували авторський АТ-курс, як до, так і після навантажень. Тобто рівень креатиніну в експериментальній групі, спортсмени якої застосовували авторський АТ-курс, стабілізувався на етапі офіційних змагань, що підтверджує важливість застосування методики аутотренінгу для спортсменів точних видів спорту.

Штурмак А., Положенцева М., Швадчак В.

ЗШИВАННЯ МОЛЕКУЛ А-СИНУКЛЕЇНУ ПОЛІФЕНОЛАМИ

Карпатський національний університет ім. В. Стефаника, вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна; e-mail: andrii.shturmak.19@pnu.edu.ua

Shturmak A., Polozhentseva M., Shvadchak V. BINDING OF A-SYNUCLEIN MOLECULES BY POLYPHENOLS. Polyphenols are considered promising inhibitors of α-synuclein aggregation. In this study, we investigated their ability to induce crosslinking of α-synuclein and form oligomers. Several polyphenols, including quercetin and curcumin, were shown to promote oligomer formation depending on their chemical structure. These oligomers effectively inhibited amyloid fibril growth in vitro. Quercetin-induced oligomers demonstrated strong inhibitory activity in the nanomolar range.

Хвороба Паркінсона є другим за поширеністю нейродегенеративним захворюванням, характерною ознакою якого є утворення тілець Леві, що складаються переважно з фібрил α-синуклеїну. Оскільки ефективних методів лікування наразі не існує, важливим напрямом досліджень є пошук сполук, здатних інгібувати агрегацію цього білка. Поліфеноли, зокрема кверцетин, куркумін, галова кислота, пірогалол та пірокатехін, розглядаються як потенційні інгібітори. Ми висунули гіпотезу, що їх інгібуюча дія пов'язана зі здатністю продуктів окислення поліфенолів утворювати зшивки між молекулами α-синуклеїну, утворюючи кон'югати, які блокують кінці амілоїдних фібрил і таким чином пригнічують їх ріст. Метою роботи було дослідити здатність поліфенолів утворювати такі олігомери залежно від їх хімічної структури та концентрації, а також оцінити їх вплив на кінетику агрегації α-синуклеїну *in vitro*.

Для цього α-синуклеїн експресували в клітинах *E. coli* та очищали методом іонообмінної хроматографії. Білок інкубували з поліфенолами при концентраціях 1–16 мМ за умов, що сприяють їх окисненню. Утворення олігомерів аналізували методом денатуруючого електрофорезу в поліакриламідному гелі з подальшою кількісною оцінкою інтенсивності смуг. Після очищення діалізом отримані олігомери використовували для дослідження їх впливу на агрегацію α-синуклеїну, яку оцінювали за зміною інтенсивності флуоресценції барвника RB1 у присутності фібрил-затравок. На основі кінетичних кривих визначали швидкість агрегації та константу половинного інгібування.

Встановлено, що поліфеноли під час окиснення здатні індукувати утворення олігомерів α-синуклеїну, причому ефективність цього процесу зростає зі збільшенням кількості гідроксильних груп і наявністю кето-груп у структурі сполуки. Найбільший вихід олігомерів спостерігався у випадку куркуміну, тоді як пірокатехін виявився найменш ефективним. Інкубація 100 мкМ α-синуклеїну з 4 мМ кверцетину протягом 24 год призводила до утворення 6 ± 2 мкМ димерів і незначної кількості вищих олігомерів. При цьому сам кверцетин не пригнічував агрегацію, але кверцетин-індуковані олігомери ефективно інгібували ріст амілоїдних фібрил із константою половинного інгібування 7 ± 5 нМ, що є співрозмірним із найефективнішими інгібіторами, описаними в літературі. Крім того, продукти окиснення поліфенолів здатні сприяти утворенню гетерокон'югатів α-синуклеїну з іншими білками, причому куркумін забезпечував найбільший їх вихід.

Отримані результати вказують на те, що поліфеноли можуть індукувати зшивання α-синуклеїну з утворенням олігомерів, які ефективно блокують ріст амілоїдних фібрил. Здатність зшивати білки залежить від хімічної структури поліфенолу і є найбільш вираженою для куркуміну та кверцетину. Таким чином, поліфенол-індуковані олігомери можуть розглядатися як перспективна основа для розробки нових підходів до контролю агрегації α-синуклеїну та створення потенційних засобів терапії нейродегенеративних захворювань.

Яцюк Д.[1], Бура М.[1], Мітіна Н.[2], Заіченко О.[2]

ВИЗНАЧЕННЯ IC_{50} НОВОСИНТЕЗОВАНОГО ПЕГ-ПОЛІМЕРУ НА МОДЕЛІ ЕМБРІОНІВ *MISGURNUS FOSSILIS* L.

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: marta.bura@lnu.edu.ua; [2]Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна; e-mail: zaichenk@polynet.lviv.ua

Yatsiuk D., Bura M., Mitina N., Zaichenko O. DETERMINATION OF IC_{50} OF NEWLY SYNTHESIZED PEG-POLYMER USING *Misgurnus fossilis L.* EMBRYOS AS A MODEL. Previous studies have demonstrated the effect of a PEG-based carrier on Na^+, K^+-ATPase activity in loach embryos during early embryogenesis. The IC_{50} values calculated from logarithmic regression analysis differed significantly across the studied developmental stages, indicating increased sensitivity of embryos, including membrane enzymes, during early development.

Біологічна толерантність (Alcantar, 2000), здатність забезпечувати бажаний розмір частинок, властивості поверхні, профілі проникності та гнучкість наноструктур (Kotta, 2022), утворення стабільних дисперсних систем для цільової доставки ліків, особливо високого ступеня гідрофобності, можливість долати в організмі природні захисні та набуту резистентність до ліків є додатковими вимогами до підвищеної розчинності та контрольованого вивільнення ліків полімерними носіями.

Поліетиленгліколь (PEG) – це поліетерна сполука, універсальний водорозчинний полімерний носій зі змінною молекулярною масою, який використовують як добавку в харчових продуктах і косметиці (Pasut, 2016). Схвалений USFDA (D'souza, 2016), PEG найчастіше використовують у галузі сучасної фармакології як синтетичний макромолекулярний полімер для модифікації малих молекул ліків, пептидів, білків або систем доставки наноліків. Враховуючи гідрофільні властивості та відносно низьку внутрішню токсичність, PEG зручно застосовувати в біологічних системах. На моделі ссавців, похідне тіазолу у комплексі з полімерними наноміцелами на основі poly(PEGMA) демонструє високий рівень цитотоксичності щодо специфічних клітинних ліній пухлини порівняно з некон'югованим тіазолом та/або класичним хіміотерапевтичним препаратом доксорубіцином (Finiuk, 2021).

Зародки *Misgurnus fossilis* L. у період раннього ембріогенезу є адекватною тест-системою для дослідження впливу різноманітних фармакологічних та хімічних чинників на живі організми. Метою роботи було встановити IC_{50} носія *VEP-GMA-graft*-PEG на Na^+, K^+-АТФазну активність зародків в'юна (тест-система) у період раннього ембріогенезу.

Дослідження проведені на зародках в'юна у період від запліднення до стадії 10 поділу. Ікру одержували через 36 год після стимуляції та запліднювали в чашках Петрі суспензією сперміїв. Дослідження проводили з новосинтезованим на кафедрі органічної хімії Національного університету «Львівська політехніка» PEG-вмісним олігомерним носієм. Для визначення Na^+, K^+-АТФазної активності до стандартного середовища інкубації, яке містило аліквоту мембранної фракції зародків, додавали 1 ммоль/л уабаїну. Кількість продукту реакції P_i визначали за модифікованим методом Фіске-Суббароу (Fiske, 1925), а вміст білка в суспензії мембранного препарату – за методом Лоурі (Lowry, 1951). Попередні дослідження встановили вплив носія *VEP-GMA-graft*-PEG (10^{-6}÷10^{-18} М) на Na^+, K^+-АТФазну активність зародків в'юна у період раннього ембріогенезу (Здвіжков, 2013). Провівши апроксимацію змін активності Na^+, K^+-АТФази за впливу VEP-GMA-graft-PEG на стадії 10 поділу бластомерів за концентрації 1,5 (R^2 = 0,75) та 3 (R^2 = 0,94) ммоль/л АТФ, встановлено нелінійну залежність кінетики цього ферменту, що свідчить про змішаний тип інгібування. Розраховані за логарифмічною залежністю доза/ефект IC_{50} значно відрізняються на різних стадіях розвитку зародків. Якщо на 1 поділі бластомерів для Na^+, K^+-АТФази IC_{50}=1,98×10^{-7} мкмоль/л, то на останньому синхронному 10 поділі бластомерів IC_{50} становить 0,21 мкмоль/л. Отримані значення IC_{50} свідчать про зростання чутливості зародкових об'єктів, в тому числі й мембранних ферментів упродовж раннього ембріонального розвитку.

Partem O.[1,2], Tarnovska A.[1], Semenyshyn O.[2]

INFLUENCE OF PHYSICAL FACTORS ON SURVIVAL OF DERMACENTOR RETICULATUS

[1]Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine; [2]State Institution „Lviv Regional Center for Disease Control and Prevention of the Ministry of Health of Ukraine", Krupyarska St., 27, Lviv, 79014, Ukraine; e-mail: o.lapida97@gmail.com

The study evaluates the influence of ultraviolet radiation, temperature and humidity on the survival of *Dermacentor reticulatus*. Survival decreased from about 85% after 5 min of UV exposure to 30% after 20 min. The temperature optimum was close to 20°C, while 37°C reduced survival to about 48%. Low humidity causes dehydration stress. The results are important for predicting tick population stability.

Ixodid ticks are vectors of numerous transmissible infections threatening human and animal health (Gray et al., 2009). Their survival and distribution depend on environmental conditions and climate factors (Randolph, 2004). Understanding how physical stressors affect tick viability is essential for predicting epidemiological risks.

The aim of the study was to evaluate the influence of ultraviolet radiation, temperature and relative humidity on the survival of adult *Dermacentor reticulatus*.

The research was carried out under laboratory conditions using control and experimental groups. Ultraviolet exposure was applied for 5, 10 and 20 minutes. Survival decreased from 82–85% after 5 minutes to about 55% after 10 minutes and to 28–30% after 20 minutes, demonstrating a dose-dependent effect.

Temperature stress was tested at low and high values. The highest survival (about 95%) was observed near 20°C. At 37°C survival decreased to approximately 48%, indicating sensitivity to overheating (Perret *et al*., 2000). Relative humidity ranged from 30% to 95%. Low humidity led to dehydration and reduced survival, while higher humidity supported tick viability (Needham & Teel, 1991).

The results indicate that physical environmental factors significantly influence the survival and ecological resilience of *Dermacentor reticulatus* and may help predict tick population dynamics under climate variability.

Yeshchenko M., Virych P., Virych P., Smokal V., Kutsevol N.

QUINOLINE DERIVATIVES AS FLUORESCENT PROBES FOR ZINC DETERMINATION IN LIVING CELLS

Faculty of Chemistry, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Pavla Skoropadskogo St., 12, Kyiv, 01033, Ukraine; e-mail: m.yes1410@gmail.com

Ca^{2+}, Mg^{2+}, and Zn^{2+} are the most abundant divalent cations in the body. 8-Hydroxyquinoline (8HQ) are known for its wide range of optical, chemical properties and biological effects. Cation chelation is an important feature of these compounds in the creation of biologically active substances. Metal complexes of 8HQ exhibit antibacterial and antiproliferative activity. 8HQ derivatives possess favorable photophysical and coordination properties for developing fluorescent metal sensors. N-(6-methoxy-8-quinolinyl)-4methylenebenzenesulfonamide (TSQ) is well known as a fluorescent indicator of intracellular zinc. The aim was to determine the possibilities of chelation of calcium, magnesium and zinc by (8HQ) derivatives 2-(4-methoxystyryl)quinolin-8-ol (STQ-Me), 2-(4-ethoxyphenylethenyl) quinolin-8-ol (STQ-Et) and 2-(4-(trifluoromethyl)styryl)quinolin-8-ol (STQ-CF_3) based on physiological solution. The potential of this substance for studying dynamic changes in intracellular zinc was tested in comparison with the TSQ. The cytotoxicity and fluorescence of test molecules in living cells in the presence of cations was investigated.

The cytotoxicity of STQ-Me, STQ-Et, STQ-CF_3 in concentration range 7.8-500 μM against epidermal carcinoma of the mouth KB cell line was evaluated. A maximum cell death of approximately 25% for STQ-Et and 40% for STQ-Me was identified at a concentration of 62.5 μM. This value was not changed with further concentration increase. No cytotoxicity of the STQ-CF_3 was detected against the KB cell line in concentrations range 7.8-500 μM. Thus, no significant cytotoxicity of the investigated compounds was found.

To assess the potential use of 8HQ derivatives as fluorescent indicators for zinc detection, a model involving loading KB cells with ZnO NPs was selected. When using TSQ, a statistically significant increase in intracellular zinc levels was observed after 30 minutes of incubation with ZnO NPs. The maximum values of the indicator were reached after 45 min and remained stable at this level for up to 2 h. The baseline integrated density of KB cells after staining with TSQ was 25 200 a.u. (median). The baseline integral density of KB cells after staining with STQ-Me was 9 800 a.u., which was 2.5 times less than similar indicators for TSQ. The maximum level of cell fluorescence was recorded after 30 min of incubation. No significant changes in baseline fluorescence of KB cells were observed after STQ-Et staining. Fluorescence increased after 15 min of incubation and began to be restored after 30 min. No changes in cell fluorescence were identified after STQ-CF3 using. Fluorescent aggregates of STQ-CF_3 were identified between cells.

Based on the results, the 8HQ derivatives STQ-Et and STQ-CF_3 were found unsuitable for assessing zinc levels in living cells. STQ-Me shows potential for measuring zinc levels in living cells. However, STQ-Me was most likely not able to chelate protein-bound zinc, as evidenced by the dynamic fluorescence parameters of KB cells. Thus, STQ-Me has the potential for use in measuring zinc in living cells, but the molecular design requires modification to enhance fluorescence and expand its ability to chelate protein-bound zinc.

БІОХІМІЯ
BIOCHEMISTRY

Антошко М., Сабадашка М., Сибірна Н.

ЕКСТРАКТ З ВИНОГРАДНИХ ВИЧАВОК КОРИГУЄ ДІАБЕТ ІНДУКОВАНІ ЗМІНИ СИСТЕМИ L-АРГІНІН / НІТРОГЕНУ (II) ОКСИД У НИРКАХ ЩУРІВ

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: mariana.antoshko@lnu.edu.ua

Antoshko M., Sabadashka M., Sybirna N. GRAPE POMACE EXTRACT CORRECTS DIABETES-INDUCED CHANGES IN L-ARGININE / NITROGEN (II) OXIDE SYSTEM IN KIDNEYS OF RAT. Biologically active polyphenols from grape pomace extract modulate the activity of NO synthase and reduce the level of stable metabolites of nitric oxide, as well as the level of urea in the renal tissue in diabetes mellitus.

Цукровий діабет 1 типу супроводжується розвитком системного оксидативного та нітративного стресу, що є ключовим чинником ураження ниркової тканини. Порушення функціонування системи L-аргінін / оксид нітрогену відіграє важливу роль у патогенезі діабетичної нефропатії.

За умов експериментального діабету відбувається дисбаланс між конститутивною та індуцибельною ізоформами NO-синтази. Підвищення рівня нітрит- і нітрат-аніонів свідчить про надмірне утворення оксиду нітрогену та розвиток нітративного стресу. Зниження концентрації L-аргініну обмежує фізіологічний синтез NO та сприяє формуванню ендотеліальної дисфункції. Накопичення токсичних метаболітів оксиду нітрогену може призводити до пошкодження клітинних структур ниркової тканини. Підвищення рівня сечовини є маркером порушення функціонального стану нирок при діабеті. Поліфенольні сполуки рослинного походження характеризуються вираженими антиоксидантними властивостями. Біологічно активні поліфеноли здатні модулювати активність ферментів системи NO-синтази. Застосування поліфенолів сприяє зниженню рівня стабільних метаболітів оксиду нітрогену в тканині нирок.

Корекція нітративного стресу розглядається як патогенетично обґрунтований підхід до профілактики та сповільнення прогресування діабетичної нефропатії, оскільки саме надлишкова продукція реактивних форм нітрогену та порушення регуляції системи L-аргінін / NO є ключовими ланками ушкодження ниркової тканини за умов цукрового діабету 1 типу. Перспективним напрямом сучасних експериментальних досліджень є застосування поліфенольних сполук природного походження, здатних модулювати активність ізоформ NO-синтази, зменшувати інтенсивність нітративного ушкодження та відновлювати ендотеліальну функцію. Використання вторинної рослинної сировини як доступного джерела біологічно активних поліфенолів відкриває можливості для розроблення науково обґрунтованих нефропротекторних засобів з антиоксидантними та цитопротекторними властивостями, що потенційно можуть підвищувати ефективність комплексної терапії діабетичної нефропатії.

Бозова А.[1], Василишин Р.[2], Нагалєвська М.[1], Канюка О.[1], Сибірна Н.[1]

ВПЛИВ ВВЕДЕННЯ ШТАМУ CL4 *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* НА ПОКАЗНИКИ ВУГЛЕВОДНОГО ОБМІНУ У ЩУРІВ

[1] Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2] Інститут біології клітини НАН України, вул. Драгоманова, 14/16, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: anna.bozova@lnu.edu.ua

Bozova A., Vasylyshyn R., Nagalievska M., Kaniuka O., Sybirna N. EFFECTS OF CL4 *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ADMINISTRATION ON CARBOHYDRATE METABOLISM MARKERS IN RATS. Probiotics, in particular probiotic yeast, are considered a promising approach for correcting metabolic disorders by maintaining healthy gut microbiom composition, suppressing inflammatory processes and modulating glucose and lipid metabolism. In summary, the obtained results demonstrate the potential of the CL4 *S. cerevisiae* strain in the correction of carbohydrate metabolism disorders.

Поширеність метаболічних розладів з кожним роком невпинно зростає (Noubiap, 2025), що зумовлює необхідність пошуку додаткових терапевтичних підходів. Оскільки кишкова мікробіота відіграє важливу роль у формуванні метаболічного статусу організму, впливаючи на процеси запалення, бар'єрну функцію кишечника та секрецію інкретинових гормонів, пробіотики розглядаються як перспективний засіб для корекції інсулінорезистентності та покращення показників вуглеводного обміну. Зокрема, спостерігається зростання інтересу до використання дріжджових пробіотиків через високу продукцію клітинами білків, вітаміну B, мікроелементів та імуностимулюючих сполук (протеаз, β-глюканів та мананоолігосахаридів) (Pereira, 2018). Підтверджено, що використання дріжджів роду *Saccharomyces* в якості пробіотиків сприяє зниженню рівня глюкози у крові, зменшує концентрацію триацилгліцеролів і ліпопротеїнів низької щільності, нормалізує активність β-клітин підшлункової залози та пригнічує запальні процеси (Albuquerque, 2019).

Метою роботи було дослідити гіпоглікемічну дію штаму CL4 *Saccharomyces cerevisiae* та його вплив на засвоєння глюкози та секрецію інсуліну у щурів лінії Wistar. Тварини були розподілені випадковим чином на контрольну та дослідну групи, протягом 14 днів тваринам дослідної групи вводили суспензію дріжджів з перерахунком 2 г суспензії на 1 кг маси тіла, тваринам контрольної групи вводили 0,5 мл фізіологічного розчину. Для визначення гіпоглікемічної дії проводили оцінку рівня глюкози, глікованого гемоглобіну HbA1*c* та інсуліну у крові. Також було проведено глюкозотолерантний тест для оцінки динаміки та ступеня засвоєння глюкози при введенні досліджуваного штаму *Saccharomyces cerevisiae*. У якості критерію сумарної відповіді на стандартний глюкозотолерантний тест розраховували інтегральний показник площі під глікемічними кривими (AUCglu), що відображає загальне підвищення концентрації глюкози після споживання глюкози.

Відповідно до проведених досліджень встановлено, що введення штаму CL4 *S. cerevisiae* призводило до збільшення ваги тіла щурів у середньому на 13%, що може свідчити про покращення всмоктування нутрієнтів з кишечника (Ghorbani-Choboghlo, 2019). Також було виявлено, що введення досліджуваного штаму *S. cerevisiae* також впливає на значення глюкозозалежних показників (глюкоза в крові натще, вміст глікованого гемоглобіну, глюкозотолерантний тест) порівняно з контролем. Імовірно, цей ефект може бути пов'язаний із модулюючим впливом дріжджів на кишкову мікробіоту, покращенням функціонального стану кишечника та підвищенням ефективності засвоєння поживних речовин. Таким чином, результати вказують на перспективність подальших досліджень штаму CL4 *S. cerevisiae* як потенційного пробіотика.

Грідіна І., Чернадчук С., Сорокін А., Будняк О.

ОРГАНОСПЕЦИФІЧНІ МЕТАБОЛІЧНІ ЗМІНИ У ТКАНИНАХ ЩУРІВ ЗА ДІЇ АЕРОЗОЛЮ ЕЛЕКТРОННИХ СИГАРЕТ

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Дворянська, 2, м. Одеса, 65082, Україна; e-mail: inna_gridina@ukr.net

Gridina I., Chernadchuk S., Sorokin A, Budnyk O. ORGAN-SPECIFIC METABOLIC CHANGES IN RAT TISSUES CAUSED BY ELECTRONIC CIGARETTE AEROSOL. The aim of this study was to assess the effects of chronic exposure to electronic cigarette aerosol on oxidative stress and metabolic homeostasis in rat tissues. Adult male *Wistar* rats were used to evaluate protein oxidative modification, malondialdehyde levels, enzymatic activity, and lipid profile in the lungs, liver, heart, kidneys, and brain. A significant increase in oxidative stress markers was observed in all examined organs. Organ-specific changes in enzymatic activity and lipid homeostasis were detected, indicating a systemic harmful effect of electronic cigarette aerosol on tissues.

Стрімке зростання популярності електронних сигарет серед молоді створює потребу в оцінці їхнього впливу на організм людини (Естебан-Лопес, 2022). Дослідження підтверджують, що компоненти аерозолю, незважаючи на твердження про його «меншу шкідливість», здатні викликати оксидативний стрес, порушення метаболічних процесів і структурно-функціональні пошкодження тканин (Олбрайт, 2024). Мета дослідження: встановити вплив хронічної експозиції аерозолем електронних сигарет на оксидативний стрес, ферментативну активність, енергетичний та ліпідний гомеостаз, а також морфологічні зміни у тканинах щурів.

Експеримент проведено на 20 статевозрілих самцях щурів *Wistar* (10 контрольних, 10 дослідних), які протягом трьох місяців щоденно вдихали аерозоль електронної сигарети Elf Bar 1500 Ultra протягом 20 хв. Для оцінки оксидативного стресу та функціонального стану тканин аналізували такі показники: рівень окисної модифікації білків (ОМБ) при $\lambda = 364$ та 440 нм (Мещишен, 1998), вміст малонового діальдегіду (МДА) (Влізло, 2012), активність γ-глутамілтрансферази (ГГТ), лужної фосфатази (ЛФ), аланінамінотрансферази (АЛТ), аспартатамінотрансферази (АСТ), лактатдегідрогенази (ЛДГ) та креатинкінази (КК) у легенях, печінці, серцевому м'язі, нирках та мозку. Ліпідний статус тканин оцінювали за вмістом холестеролу та тригліцеридів (Бондарчук, 2025). Статистичну обробку здійснювали методом t-критерію Стьюдента ($p \leq 0,05$) (Прилуцький, 2017).

Вплив аерозолю електронних сигарет спричинив значне збільшення рівнів ОМБ та МДА у всіх досліджених тканинах. Найвираженіше підвищення рівня МДА зафіксовано в легенях (на 160%), печінці (на 83,3%), серці (на 80%) та мозку (на 77,8%). Зростання ОМБ було значним у печінці (на 104,3%), серці (на 87,5%) і легенях (на 37,5%). Ці зміни свідчать про розвиток системного оксидативного стресу та незворотні ушкодження білків.

Спостерігалися також органоспецифічні зміни ферментативної активності. Активність ГГТ збільшилась у серці (на 146,5%) та нирках (на 50%), що вказує на активацію глутатіонового захисту. Активність АСТ у печінці підвищилася (на 54,6%) – маркер мітохондріальних ушкоджень. Хронічна експозиція аерозолем електронних сигарет спричинила органоспецифічні порушення енергетичного метаболізму: у легенях і печінці активізувався анаеробний гліколіз, тоді як у серці та нирках спостерігалось пригнічення гліколітичної діяльності, що свідчить про локальний та системний метаболічний стрес. При дослідженні ліпідного гомеостазу усі органи показали підвищення холестеролу та тригліцеридів, що свідчить про системний вплив аерозолю та потенційну ліпотоксичність.

Хронічна експозиція аерозолем електронних сигарет викликає системний оксидативний стрес, органоспецифічні порушення ферментативної активності та дисбаланс енергетичного та ліпідного метаболізму.

Гучканюк І.[1], Фінюк Н.[2], Лесик Р.[3], Стойка Р.[2]

ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИПРОЛІФЕРАТИВНОЇ ДІЇ МОНО- ТА ДИХЛОРАЦЕТАМІДІВ НА КЛІТИНИ РІЗНОГО ТКАНИННОГО ПОХОДЖЕННЯ *IN VITRO*

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]Інститут біології клітини НАН України, вул. Драгоманова, 14/16, м. Львів, 79005, Україна; [3]ДНП «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького», вул. Пекарська, 69, м. Львів, 79010, Україна; e-mail: ivannahuchkaniuk@gmail.com

Huchkaniuk I., Finiuk N., Lesyk R., Stoika R. STUDY OF THE ANTIPROLIFERATIVE EFFECT OF MONO- AND DICHLOROACETAMIDES ON CELLS OF VARIOUS TISSUE ORIGINS *IN VITRO*. This study evaluated antiproliferative effects of mono- and dichloroacetamide derivatives on malignant cell lines of various tissue origins *in vitro* using the MTT assay. Leukemia cell line Jurkat was the most sensitive among the tested lines to the action of mono- and dichloroacetamides (IC_{50} ranging from 34 to 54 nM). The studied derivatives exhibited cytotoxic effects on model cells of myeloproliferative neoplasms, glioblastoma cells, and lung adenocarcinoma cells at micromolar concentrations (4.10–9.38 μM). These results indicate the potential for further investigation of mono- and dichloroacetamide derivatives on leukemia and normal cells.

Моно- та дихлорацетаміди належать до класу органічних сполук із широким спектром біологічної активності, зокрема протипухлинної. Хлорзаміщені ацетамідні групи здатні посилювати вплив на проліферацію клітин, що робить ці сполуки перспективними кандидатами для створення нових протипухлинних засобів.

Метою роботи було дослідити антипроліферативну дію нових похідних моно- та дихлорацетамідів щодо злоякісних клітин різного тканинного походження в умовах *in vitro*: моделей мієлопроліферативних неоплазій з мутаціями в гені кальретикуліну (BaF3 CALRdel52, BaF3 CALRins5) та клітин дикого типу (BaF3 CALR wt), лейкозу людини (K562, Jurkat, HL-60), гліобластоми (U-251 MG) та аденокарциноми легені (A549).

Похідні моно- та дихлорацетаміду синтезовані у ДНП «Львівський національний університет ім. Данила Галицького», під керівництвом проф. Лесика Р. Б. У роботі досліджено наступні похідні: Les-3636, Les-3981, Les-6701, Les-6741, Les-6748, MG-83 і MG-84. Цитотоксичну дію цих сполук оцінювали за допомогою МТТ-тесту з розрахунком показника напівмаксимальної інгібуючої концентрації (IC_{50}).

Встановлено, що речовини Les-3981, Les-6746, Les-6747, Les-6748 і MG-83 продемонстрували сильний токсичний вплив на лейкозні клітини лінії Jurkat (IC_{50} у діапазоні від 34 до 54 нМ). Клітини ліній HL-60 та K562 були менш чутливими ніж клітини лінії Jurkat до дії цих сполук (IC_{50} у діапазоні від 430 до 610 нМ). Досліджувані похідні продемонстрували токсичну дію на модельні клітини мієлопроліферативних неоплазій з мутаціями CALR. Більшу токсичність у цій групі виявили сполуки Les-3981, Les-6748, Les-6746, Les-6747, Les-3636, MG-83, MG-84, Les-6742 з IC_{50} 4,10-12,05 мкМ. Les-3636, Les-3981, Les-6746, Les-6747, Les-6748, MG-83 і MG-84 проявили токсичну дію щодо клітин U-251 MG гліобластоми людини з IC_{50} 5,46–7,11 мкМ. Дані сполуки показали подібний вплив щодо клітин A549 аденокарциноми легені людини з IC_{50} 4,38–5,38 мкМ.

Отримані результати свідчать про перспективність подальшого дослідження впливу похідних моно- та дихлорацетамідів на клітинах лейкозу та нормальних клітинах.

Додевич Ю., Пермяков В., Гачкова Г., Сибірна Н.

ЗАГАЛЬНИЙ ВМІСТ ПОЛІФЕНОЛІВ ТА ІНГІБУВАЛЬНА ДІЯ ВОДНО-ЕТАНОЛЬНИХ ЕКСТРАКТІВ SALVIA OFFICINALIS НА АКТИВНІСТЬ α-ГЛЮКОЗИДАЗИ IN VITRO

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: yuradodevuch@gmail.com

Dodevych Y., Permyakov V., Hachkova H., Sybirna N. TOTAL POLYPHENOLIC CONTENT AND *IN VITRO* α-GLUCOSIDASE INHIBITORY ACTIVITY OF THE HYDRO-ETHANOLIC EXTRACTS OF *SALVIA OFFICINALIS.* The obtained results indicate a high potential of biologically active compounds in the 50% and 70% hydroethanolic extracts of *Salvia officinalis* to inhibit α-glucosidase activity *in vitro*. Both extracts effectively inhibited α-glucosidase activity, with the 70% hydroethanolic extract showing slightly stronger inhibition. These findings correlate with the higher polyphenol content in the 70% hydroethanolic extracts. These results provide a basis for further studies to evaluate the inhibitory effect of biologically active compounds from *Salvia officinalis* on α-glucosidase activity *in vivo*.

Цукровий діабет (ЦД) – це хронічне багатофакторне захворювання, яке характеризується стійким підвищенням рівня глюкози в крові. За даними ВООЗ, ЦД належить до найбільш поширених неінфекційних патологій сучасності та супроводжується розвитком хронічних ускладнень, що значно погіршують якість життя пацієнтів.

З огляду на стрімке поширення ЦД, актуальним є пошук і розробка нових антидіабетичних препаратів, особливо природного походження. Традиційні синтетичні препарати часто викликають виражені побічні ефекти, тоді як фітопрепарати розглядаються як потенційно менш токсична і ефективна альтернатива. Одним із механізмів дії пероральних гіпоглікемічних засобів є інгібування ферментів α-амілази та α-глюкозидази. Це уповільнює гідроліз вуглеводів у шлунково-кишковому тракті та призводить до зниження постпрандіального рівня глюкози.

Шавлія лікарська (*Salvia officinalis* L.) є багатим джерелом сполук фенольної природи, які виявляють різноманітну біологічну активність: гіпоглікемічну, протизапальну, сечогінну, антимікробну тощо.

Метою цього дослідження було визначення загального вмісту поліфенолів у водно-етанольних екстрактах, отриманих з листя шавлії лікарської та оцінка їхнього інгібувального впливу на активність α-глюкозидази *in vitro.*

Шавлію лікарську було інтродуковано на базі Дослідної станції лікарських рослин Інституту агроекології та природокористування УААН. З надземної частини лікарської сировини було приготовано 50% та 70% водно-етанольні екстракти.

Отримані результати свідчать про високий потенціал біологічно активних речовин, наявних у складі досліджуваних екстрактів з листя шавлії лікарської інгібувати активність α-глюкозидази *in vitro*. Обидва екстракти ефективно інгібують активність цього ферменту, при цьому слід зазначити, що інгібуюча дія 70% водно-етанольного екстракту є дещо вираженішою. Ці результати узгоджуються з вищим вмістом поліфенолів у складі 70% водно-етанольного екстракту.

Ці дослідження є основою для подальшого вивчення інгібуючого впливу біологічно активних речовин, отриманих з шавлії лікарської на активність α-глюкозидази *in vivo*.

Кузик Я., Петрин Т., Нагалєвська М., Сибірна Н.

ВПЛИВ ТРУТОВИКА ЛАКОВАНОГО (*GANODERMA LUCIDUM* (W. CURT.: FR.) P. KARST.) НА ФУНКЦІОНАЛЬНУ АКТИВНІСТЬ ЛЕЙКОЦИТІВ ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МЕТАБОЛІЧНОГО СИНДРОМУ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: yarynakuzyk16@gmail.com

Kuzyk Y., Petryn T., Nagalievska M., Sybirna N. EFFECT OF *GANODERMA LUCIDUM* (W.CURT.: FR.) P. KARST.) ON THE FUNCTIONAL ACTIVITY OF LEUKOCYTES UNDER EXPERIMENTAL METABOLIC SYNDROME. The obtained results demonstrate the immunomodulatory effect of *Ganoderma lucidum* extract under experimental metabolic syndrome, which is likely associated with the presence of biologically active compounds with anti-inflammatory and antioxidant properties.

Метаболічний синдром є одним із провідних медико-біологічних викликів сучасності, що поєднує абдомінальне ожиріння, інсулінову резистентність, дисліпідемію та артеріальну гіпертензію. Відомо, що за умов МС розвивається хронічне низькорівневе запалення, яке супроводжується порушенням функціональної активності клітин імунної системи, зокрема лейкоцитів.

Метою роботи було оцінити вплив трутовика лакованого (*Ganoderma lucidum* (W. Curt.: Fr.) P. Karst.) на зміни функціональної активності лейкоцитів за експериментального метаболічного синдрому.

Дослідження проводили на білих щурах лінії Wistar. Метаболічний синдром індукували споживанням тваринами 10%-го розчину фруктози впродовж 42 діб. Тварин було поділено на чотири групи: контрольну; контрольну з введенням екстракту *G. lucidum*; тварин з експериментальним метаболічним синдромом; тварин з метаболічним синдромом, яким вводили екстракт *G. lucidum* впродовж 14 діб. Оцінювали показники лейкоцитарної формули периферичної крові, вміст катіонних лізосомальних білків та активність мієлопероксидази у лейкоцитах. Оцінку останніх двох показників проводили у двох реакціях: спонтанній та індукованій (додаванням до виділених лейкоцитів клітини дріжджів). Таке подвійне дослідження дає змогу окремо оцінити вихідну активацію та функціональний резерв нейтрофілів.

Встановлено, що розвиток метаболічного синдрому супроводжувався підвищенням відносної кількості сегментоядерних нейтрофілів у 2 рази та еозинофілів на 42% на тлі зниження вмісту лімфоцитів на 43% порівняно з контролем. За цих умов не виявлено достовірних змін вмісту катіонних лізосомальних білків у спонтанній реакції нейтрофілів, однак їх рівень знижувався на 22% в індукованій реакції. Також зафіксовано зниження активності мієлопероксидази на 14% в індукованій реакції.

Введення екстракту *Ganoderma lucidum* тваринам з метаболічним синдромом сприяло нормалізації імунологічних показників: зменшенню кількості сегментоядерних нейтрофілів у 2 рази та підвищенню вмісту лімфоцитів на 59% порівняно з патологічною групою. Вміст катіонних лізосомальних білків зростав на 15% у спонтанній та на 26% в індукованій реакції, а активність мієлопероксидази підвищувалася на 17% в індукованій реакції.

Отримані результати свідчать про імуномодулювальний вплив екстракту *Ganoderma lucidum* за умов експериментального метаболічного синдрому, що зумовлено наявністю у його складі біологічно активних сполук із протизапальними та антиоксидантними властивостями.

Лопатка О., Канюка О., Сибірна Н.

МІТОФАГІЯ ТА АПОПТОЗ У β-КЛІТИНАХ ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ ЦУКРОВОМУ ДІАБЕТІ 1-ГО ТИПУ

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: lopatkaoa@gmail.com

Lopatka O., Kaniuka O., Sybirna N. MITOPHAGY AND APOPTOSIS SIGNALING PATHWAYS IN PANCREATIC β-CELLS IN EXPERIMENTAL TYPE 1 DIABETES. Type 1 diabetes mellitus is characterized by autoimmune destruction of pancreatic β-cells and progressive insulin deficiency. Mitochondrial dysfunction and endoplasmic reticulum (ER) stress contribute to β-cell damage by activating both adaptive and proapoptotic pathways. In experimental diabetes, we observed a 2.4-fold increase in the number of autophagosome-containing cells and a 33% elevation of Parkin level, indicating mitophagy activation. At the same time, caspase-12 expression increased 2.9-fold, reflecting ER stress-induced apoptosis. The obtained results suggest that compensatory activation of mitophagy is insufficient to prevent β-cell loss under chronic hyperglycemia.

Цукровий діабет 1-го типу є автоімунним захворюванням, що супроводжується деструкцією інсулінпродукуючих β-клітин підшлункової залози та розвитком інсулінової недостатності. Порушення функціонального стану мітохондрій і тривалий стрес ендоплазматичного ретикулуму (ЕР) є важливими чинниками прогресування β-клітинної дисфункції. За умов хронічної гіперглікемії в клітинах активуються як адаптаційні механізми, зокрема мітофагія, спрямована на елімінацію пошкоджених мітохондрій, так і сигнальні шляхи апоптозу.

Експериментальний цукровий діабет індукували внутрішньоочеревинним введенням стрептозотоцину з розрахунку 5,5 мг на 100 г маси тіла, розчиненого в 10 мМ Na-цитратному буфері, тваринам контрольної групи вводили відповідний об'єм фізіологічного розчину. Розвиток діабету підтверджували через 72 год за рівнем глюкози в крові. У дослідженні використовували тварин, у яких концентрація глюкози в крові становила 12 ммоль/л і вище після 18-годинного голодування. Ультраструктурні зміни β-клітин острівців Лангерганса аналізували методом електронної мікроскопії. Вміст білків Parkin і каспази-12 визначали методом вестерн-блот аналізу, експресію p53 та Bcl-2 оцінювали імуноцитохімічно.

За умов експериментального діабету виявлено зростання кількості автофагосом у β-клітинах, зокрема частка клітин з автофагосомами збільшилася у 2,4 раза порівняно з контролем. Рівень маркерного білка мітофагії Parkin підвищувався на 33%, що свідчить про активацію системи PINK1–Parkin та посилення процесів мітофагії. Одночасно спостерігалося посилення апоптотичних процесів: рівень каспази-12 зростав майже у 2,9 раза, що підтверджує активацію ЕР-стрес-індукованого апоптозу. Також відзначено підвищення експресії p53 та Bcl-2, що свідчить про порушення регуляції апоптотичних механізмів у β-клітинах.

Таким чином, за умов експериментального цукрового діабету 1-го типу в острівцях Лангерганса одночасно активуються процеси мітофагії та апоптозу. Компенсаторне посилення мітофагії є недостатнім для запобігання прогресуючому ушкодженню β-клітин, що сприяє їх запрограмованій загибелі.

Малюк О., Цимбалюк О., Векліч Т.

ІНГІБІТОРНИЙ ВПЛИВ ТІАКАЛІКС[4]АРЕНУ С-1087 НА Ca^{2+}, Mg^{2+}-АТРазу ПЛАЗМАТИЧНОЇ МЕМБРАНИ ТА СКОРОТЛИВУ АКТИВНІСТЬ МІОЦИТІВ МІОМЕТРІЮ

Інститут біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України,
вул. Леонтовича, 9, м. Київ, 01054, Україна; e-mail: o.maliuk@biochem.kiev.ua

Maliuk O., Tsymbalyuk O., Veklich T. THE INHIBITORY INFLUENCE OF THIACALIX[4]ARENE C-1087 ON THE PLASMA MEMBRANE Ca^{2+}, Mg^{2+}-ATPase AND CONTRACTILE ACTIVITY IN UTERINE MYOCYTES. Using enzymatic and kinetic analysis, it was shown that thiacalix[4]arene C-1087 effectively inhibits the plasma membrane Ca^{2+}, Mg^{2+}-ATPase in myometrial cells ($I_{0.5}$ = 9.4 ± 0.6 μM) and has virtually no effect on other ATPases of this subcellular structure. Confocal microscopy demonstrated an increase in intracellular Ca^{2+} concentration in uterine myocytes under C-1087 action. C-1087 also affected the contractile activity of myometrial cells and uterine smooth muscle preparations.

Транспортна Ca^{2+} Mg^{2+}-АТРаза плазматичної мембрани (ПМ) у випадку гладеньких м'язів (ГМ) має фундаментальне значення у підтриманні фізіологічної концентрації Ca^{2+} у міоцитах, завдяки компенсації пасивного потоку іонів Са в клітину, який відбувається в спокої. Вона використовує енергію гідролізу АТР для відкачування Ca^{2+} із клітини проти градієнта концентрації, що існує між зовнішньо- та внутрішньоклітинним середовищем. Таким чином, і Ca^{2+}, Mg^{2+}-АТРаза має важливе значення для контролю скоротливої активності, зокрема ГМ. З огляду на все вищезазначене перспективним є пошук сполуки, яка дозволяла змінювати активність кальцієвої помпи ПМ. З цієї точки зору цікавими є каліксарени, оскільки вони є низькомолекулярними малотоксичними макроциклічними сполуками, які можуть виступати у якості ефективних інгібіторів ензимів.

Раніше ми показали, що тіакалікс[4]арен С-1087 (5, 11, 17, 23-тетра(трифтор)метил(фенілсульфониліміно)метиламіно-25,27-дигексилокси-26,28-дигідрокситіакалікс[4]арен) з високою ефективністю (IC_{50} = 9,4 + 0,6 мкМ) пригнічує ензиматичну активність Ca^{2+}, Mg^{2+}-АТРази ПМ, при цьому він не впливає на активності Na^+, K^+-АТРази, Mg^{2+}-АТРази і Ca^{2+}-АТРази ПМ.

За результатами конфокальної мікроскопії під впливом С-1087 (10 мкМ) спостерігається різке підвищення концентрації Ca^{2+} у клітині, яке пов'язане зі зниженням активності транспортної Ca^{2+}, Mg^{2+}-АТРази ПМ. Тіакалікс[4]арен С-1087 діє як повний неконкурентний інгібітор Ca^{2+}, Mg^{2+}-АТРази відносно АТР, іонів Mg та Са, оскільки не виявлено впливу на константу спорідненості, при цьому у всіх трьох випадках спостерігалося суттєве зменшення максимальної швидкості гідролізу АТР.

Було встановлено, що С-1087 (50 мкМ), подібно до утеротоніку окситоцину, призводить до зменшення ефективного гідродинамічного діаметру гладеньком'язових клітин (ГМК), виміряного за допомогою лазернокореляційної спектроскопії (ЛКС) на 44,6 ± 4,2% відносно контролю, що свідчить про скорочення міоцитів. Тензометричними дослідженнями з наступним механокінетичним аналізом продемонстровано, що тіакалікс[4]арен С-1087 (10 мкМ) спричиняє суттєве зниження максимальних швидкостей розслаблення спонтанних та активованих гіперкалієвим розчином (80 мМ) скоротливих відповідей мультиклітинних гладеньком'язових препаратів матки щурів.

Таким чином, результати, що були одержані з використанням тіакалікс[4]арену С-1087 – селективного та ефективного інгібітора Ca^{2+}, Mg^{2+}-АТРази, можуть мати важливе значення для з'ясування мембранних механізмів катіоного обміну у гладеньких м'язах, зокрема, під час вивчення ролі плазматичної мембрани в забезпеченні електро- та фармакомеханічного спряження в них, а також в регуляції іонного гомеостазу в ГМК.

Автори вдячні академіку НАНУ проф. С. О. Костеріну та академіку НАНУ проф. В. І. Кальченку за обговорення результатів дослідів та творчі дискусії.

Пермяков В., Додевич Ю., Гачкова Г., Сибірна Н.

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН, ВИДІЛЕНИХ З НАДЗЕМНОЇ ЧАСТИНИ ШАВЛІЇ ЛІКАРСЬКОЇ НА АКТИВНІСТЬ α-ГЛЮКОЗИДАЗИ *IN VITRO*

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: lv.pvd1@gmail.com

Permiakov V., Dodevych Yu., Hachkova H., Sybirna N. EFFECT OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS ISOLATED FROM THE AERIAL PARTS OF *SALVIA OFFICINALIS* L. ON α-GLUCOSIDASE ACTIVITY *IN VITRO.* The inhibitory effect of aqueous and hydroethanolic extracts of *Salvia officinalis* on α-glucosidase activity was demonstrated. It was established that the inhibitory effects of the aqueous and 50% hydroethanolic extracts did not differ significantly, despite a considerable difference in their total polyphenol content. The obtained results indicate that the inhibition of α-glucosidase activity by *Salvia officinalis* extracts is not determined solely by the total polyphenol content, but may depend on other biologically active compounds and their synergistic interactions.

Шавлія лікарська (*Salvia officinalis* L.) є перспективною рослиною, що широко використовується у нетрадиційній та офіційній медицині для лікування різних захворювань. Незважаючи на використання цієї рослини у народній медицині, досі немає достатньої кількості наукових доказів, що підтверджують її антидіабетичну дію.

У зв'язку з цим метою роботи було дослідити інгібувальний вплив біологічно активних речовин, виділених із шавлії лікарської, на активність α-глюкозидази *in vitro* з метою оцінки потенціалу цієї рослини як джерела компонентів для створення гіпоглікемічних засобів природного походження.

Шавлію лікарську було інтродуковано на базі Дослідної станції лікарських рослин Інституту агроекології та природокористування УААН. З надземної частини цієї лікарської рослини було отримано водний та водно-етанольний (з концентрацією спирту 50%) екстракти.

Біологічна активність шавлії лікарської значною мірою залежить від вмісту поліфенолів у її складі, тому нами було визначено вміст цих компонентів у досліджуваних екстрактах. Встановлено, що у 50% водно-етанольному екстракті загальний вміст фенольних сполук був у 2,9 рази вищим, ніж у водному. Це можна пояснити тим, що етиловий спирт як екстрагент забезпечує ширший спектр вилучення біологічно активних речовин, порівняно з водою.

Показано, що обидва екстракти здатні інгібувати активність α-глюкозидази *in vitro*. Інгібувальний ефект водного та 50% водно-етанольного екстрактів істотно не відрізнявся, незважаючи на значну різницю у вмісті поліфенолів. Отримані результати свідчать про те, що інгібування активності α-глюкозидази екстрактами шавлії лікарської визначається не виключно загальним вмістом поліфенолів, а може залежати від інших біологічно активних сполук у її складі та їхньої синергічної взаємодії. Це зумовлює доцільність подальших досліджень щодо ідентифікації біоактивних компонентів та з'ясування механізмів антидіабетичної дії.

Труш Є., Гачкова Г., Сибірна Н.

ЗМІНИ ОКРЕМИХ БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕРИТРОЦИТІВ ЩУРІВ ЗА УМОВ ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ ТА ПРИ ВВЕДЕНІ БЕЗАЛКАЛОЇДНОЇ ФРАКЦІЇ ЕКСТРАКТУ КОЗЛЯТНИКА ЛІКАРСЬКОГО

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: yelyzaveta.trush@lnu.edu.ua

Trush Ye., Hachkova H., Sybirna N. CHANGES IN BIOCHEMICAL PARAMETERS OF RAT ERYTHROCYTES UNDER DIABETES MELLITUS AND AFTER ADMINISTRATION OF THE ALKALOID-FREE FRACTION OF *GALEGA OFFICINALIS* EXTRACT. The development of experimental diabetes mellitus (EDM) was accompanied by an increase in pyruvate content and lactate dehydrogenase activity, as well as methemoglobin levels in erythrocyte hemolysates of rats compared to the control. Administration of the alkaloid-free fraction from *Galega officinalis* extract to rats with EDM decreased pyruvate content, lactate dehydrogenase activity, and methemoglobin levels in erythrocytes compared to the EDM group.

Гіперглікемія при цукровому діабеті призводить до надмірного утворення активних форм оксигену, що викликає оксидативний стрес, порушує функцію ендотелію та судин і змінює стан циркулюючих клітин крові, сприяючи розвитку судинних ускладнень. Еритроцити є найпоширенішими клітинами в кровообігу та першими, які сприймають зміни у складі плазми. Більше того, за умов гіперглікемії концентрація глюкози в цитозолі еритроцитів підвищується внаслідок пасивного надходження глюкози через інсулін-незалежний транспортер глюкози GLUT-1, що призводить до глікування структурних і функціональних білків та утворення кінцевих продуктів глікування.

Козлятник лікарський (*Galega officinalis*) – це лікарська рослина, яка традиційно використовується як природний терапевтичний засіб для лікування цукрового діабету 2-го типу в багатьох країнах впродовж років. У складі цієї лікарської рослини виявлено флавоноїди, фенольні кислоти, алкалоїди, терпени, смоли, стероїди та жирні кислоти тощо. Раніше повідомлялося, що біологічно активним компонентом, що знижує рівень цукру в крові, є галегін. Водночас, у численних наших дослідженнях показано, що виражений гіпоглікемічний ефект виявляє екстракт цієї рослини, позбавлений від алкалоїдів, які є токсичними.

Мета роботи – дослідити коригуючий ефект безалкалоїдної фракції екстракту козлятника лікарського (БФЕКЛ) на окремі показники вуглеводного обміну та вміст метгемоглобіну в еритроцитах периферичної крові щурів за умов експериментального цукрового діабету (ЕЦД).

Розвиток ЕЦД супроводжується збільшенням вмісту пірувату (на 22,2%), та активності лактатдегідрогенази (на 64,0%), а також вмісту метгемоглобіну (на 34,0%) у гемолізатах еритроцитів щурів, порівняно з контролем. Введення БФЕКЛ тваринам з ЕЦД зумовлювало зниження вмісту пірувату (на 34,0%), активності лактатдегідрогенази (на 21,4%) та вмісту метгемоглобіну (на 35,6%) в еритроцитах щурів порівняно з показниками при ЕЦД.

Коригуючий вплив БФЕКЛ на порушення метаболізму вуглеводів в еритроцитах за умов стрептозотоцин-індуваного діабету можна пояснити наявністю в складі екстракту біологічно активних сполук з гіпоглікемічними (фітол, етиловий естер пальмітинової кислоти, фітостероли – кампестерол і стігмастерол, похідні хіназоліну) та антиоксидантними (фітол, флавоноїди, фенольні кислоти, лоліолід, вітамін Е) властивостями.

Khoma V.[1], Yunko K.[2], Karitonas R.[3], Gylytė B.[3], Martyniuk V.[4], Symchak R.[2], Mudra A.[5], Nemerko M.[2], Sviderska K.[2], Manusadžianas L.[3], Stoliar O.[2]

DEPENDENCE OF GADOLINIUM EFFECTS IN HEPATOPANCREAS OF *CYPRINUS CARPIO* ON ZINC AND CALCIUM AVAILABILITY STUDIED BY EX VIVO APPROACH

[1]Ternopil Scientific Research Forensic Centre of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Budny St., 48, Ternopil, 46020, Ukraine; [2]Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, M. Kryvonosa St., 2, Ternopil, 46027, Ukraine; [3]SSRI Nature Research Centre, Akademijos, 2, Vilnius, 08412, Lithuania; [4]Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Rus'ka St., 56,Ternopil, 46001, Ukraine; [5]I. Ya. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Maidan Voli, 1, Ternopil, 46001, Ukraine; e-mail: khomav@tnpu.edu.ua

Rare earth elements (REEs) are considered "strategic elements" because they have unique properties and cannot be substituted by other metals in many modern technologies, including medical and military applications. Among the REEs entering surface waters, particular attention is given to gadolinium (Gd) because Gd-based contrast agents (GBCAs) are widely used in magnetic resonance imaging. The toxicity of Gd(III) is probably dependent on its ability to substitute essential metals in their protein-coordinated centres and block calcium (Ca) channels (Jakubek, 200). Therefore, this study aimed to reveal the dependence of Gd effects on the Ca and zinc (Zn) availability in the model *ex vivo* system. For that, we compared the effects of Gd in the presence of Zn chelator N,N,N′,N′-tetrakis(2-pyridylmethyl)ethylenediamine (TPEN) and Ca-channel blocker nifedipine (NFD). Recently, an express *ex vivo* approach has been proposed to assess adverse effects without harming organisms. It was expected that its use would allow assessing the impact of a factor at the initial stages (Khoma, 2020).

In the present study, an *ex vivo* experiment was conducted on Common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) hepatopancreas tissue. The tissue samples were exposed to Gd, NFD, or TPEN at 3 μM, and to their combinations (Gd + NFD, Gd + TPEN, and Gd + NFD + TPEN) for 24 h. We determined the levels of cellular low-weight thiols involved in Zn coordination, namely metallothioneins (MTSH) and glutathione (GSH and GSSG), lysosomal membrane integrity, and Zn-dependent caspase-3, a central apoptotic executioner enzyme (Eron, 2018) activity.

The results showed that all exposures cause a non-specific reaction in GSH, leading to an increase in its level. At the same time, the GSSG concentration decreased in all exposures except under TPEN, indicating the reductive shift. NFD and mixtures caused the most pronounced effect on the GSH system. Similarly, the NADH/NAD^+ ratio increased in all exposures. However, lipid peroxidation increased in all exposures except TPEN, indicating oxidative injury. Gd and its mixtures significantly increased MTSH concentration, and NFD and TPEN reduced it by more than half. Lysosomal membrane stability increased by Gd but decreased under all other exposures. Biotransformation of Cyp450-dependent EROD activity increased in all exposures.

Thus, it was shown that the specific effect of REE Gd is enhanced and/or distorted by its combination with other components that impact the Ca and Zn availability, in particular the Ca-channel blocker NFD. TPEN had a selective effect on MTSH functionality and modulated Gd's effect on the stability of lysosomal membranes. This approach can be recommended for the preventive analysis of the biological interactions of REE.

Acknowledgement: The work was supported by a bilateral Ukraine-Lithuania scientific project of the Ministry of Education and Science of Ukraine (M/48-2024, M/48-2025) and Project No S-LU-24-13 under the Lithuania-Ukraine Cooperation Program.

Kropyva V., Midlovets K., Kybenko D., Serebrovska Z., Tolstun D., Krasnienkov D.

AGE-DEPENDENT BIOCHEMICAL SIGNATURES IN WHOLE-BODY TISSUES OF *DROSOPHILA MELANOGASTER* REVEALED BY ATR-FTIR SPECTROSCOPY

D. F. Chebotarev State Institute of Gerontology NAMS of Ukraine,
Vyshhorodska St., 67, Kyiv, 04114, Ukraine; e-mail: midlovetskon@gmail.com

Aging is accompanied by progressive changes in proteins, lipids, carbohydrates, and nucleic acids, yet it remains unclear whether these global biochemical alterations can be detected using non-targeted infrared spectral profiling of whole tissues. In this study, we investigated whether ATR-FTIR spectroscopy of whole-body homogenates can reliably distinguish *Drosophila melanogaster* at different stages of adult life.

Infrared spectra were recorded from Canton-S flies at 3 days (young), 11 days (middle-aged), and 30 days (old). Spectral peaks were quantitatively characterized by their intensity, area, width, and position, and age classification was assessed using multivariate statistical analysis, including principal component analysis and partial least squares discriminant analysis with cross-validation.

We observed clear age-dependent spectral separation. Young and old flies were classified with near-perfect accuracy, reaching up to 100% in several comparisons. Middle-aged and old flies were also separated with very high accuracy. Although young and middle-aged flies exhibited more similar spectral profiles, they remained distinguishable, with classification accuracy ranging from approximately 70% to 96% depending on the spectral parameter analyzed. These results demonstrate progressive and measurable biochemical remodeling during aging.

The most age-sensitive spectral regions corresponded to carbohydrates (1034–1118 cm^{-1}), lipids (1706–1716 cm^{-1}), proteins in the amide I and amide II regions (1617–1683 cm^{-1} and 1533–1563 cm^{-1}), and phosphate-containing biomolecules, including nucleic acids (1255–1368 cm^{-1}). The most informative parameter across comparisons was peak height, indicating that age-related differences primarily reflect quantitative changes in molecular group abundance rather than random spectral variation.

Overall, our findings demonstrate that whole-body ATR-FTIR spectra contain robust and statistically significant biochemical signatures of age in *Drosophila melanogaster*. Infrared spectral profiling thus provides a rapid, label-free approach for detecting global molecular remodeling during aging and may serve as a complementary tool in experimental gerontology.

Kurhaluk N.[1], Hetmański T.[1], Włodarkiewicz A.[2], Tomin V.[2], Kamiński P.[3,4], Tkaczenko H.[1]

ENVIRONMENTAL, AGE- AND SEX-RELATED VARIATION IN METAL BIOACCUMULATION AND HEMATOLOGICAL–BIOCHEMICAL RESPONSES OF THE MUTE SWAN (*CYGNUS OLOR*) IN THE BALTIC COASTAL ZONE

[1]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; [2]Institute of Exact and Technical Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; [3]Department of Medical Biology and Biochemistry, Department of Ecology and Environmental Protection, Faculty of Medicine, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń, M. Skłodowska-Curie St., 9, Bydgoszcz, 85-094, Poland; [4]Department of Biotechnology, Faculty of Biological Sciences, University of Zielona Góra, Prof. Z. Szafran St., 1, Zielona Góra, 65-516, Poland; e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl; halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

In order to understand how wild birds respond to environmental stressors, it is necessary to conduct an integrated assessment of ecophysiological, biochemical and bioaccumulative processes. Due to their trophic position and sensitivity to aquatic pollution, waterbirds are particularly valuable bioindicators of ecosystem quality (Conover et al., 2000; Włodarczyk and Wojciechowski, 2001; Ely and Franson, 2014; Binkowski et al., 2016; Grúz et al., 2018, 2019). This study investigated how habitat type, age and sex influence haematological indices, biochemical parameters, erythrocyte stability and feather metal bioaccumulation in Cygnus olor wintering along the Baltic coast of northern Poland.

A total of 172 individuals were sampled from three environmentally differentiated regions: Słupsk (urban park ponds with lower direct coastal exposure), Gdynia (an industrialised port area) and Sopot (a tourist coastal zone). Blood and feather samples were collected over three consecutive wintering seasons. The concentrations of selected chemical elements (Al, Zn, Rh, Cu, Ru, Fe and Pb) in the feathers were measured using X-ray fluorescence (XRF), while haematological parameters (RBC, WBC, haemoglobin and leukocyte differentials) and biochemical parameters (total protein, albumin, globulins, glucose, uric acid, triglycerides, cholesterol, Ca and P) were assessed using standard laboratory techniques. Erythrocyte osmotic and acid resistance assays were conducted to evaluate membrane stability as an indicator of physiological stress. Multivariate statistical analyses (MANOVA and regression models) were performed to determine the relative contribution of environmental, age-related and sex-related effects.

The results showed that habitat type was the main factor affecting metal bioaccumulation in feathers, with a greater influence than age and sex. Significant environmental differences were particularly evident for aluminium (Al), ruthenium (Ru) and copper (Cu). Swans from Słupsk exhibited elevated aluminium (Al) levels, while individuals from Gdynia showed higher ruthenium (Ru) concentrations and birds from Sopot accumulated more copper (Cu). Age-dependent effects were particularly evident in juveniles, where Al and Ru concentrations were significantly associated with environmental exposure. Sex-specific accumulation patterns were also detected, indicating differential physiological handling of metals between males and females.

Haematological analyses revealed significant variation in red and white blood cell counts, haemoglobin concentration and basophil levels among the study groups. Haemoglobin content showed the strongest statistical association with environmental and demographic factors. Adult males from Słupsk exhibited the lowest white blood cell (WBC) counts and haemoglobin values, suggesting potential physiological costs associated with local environmental conditions. In contrast, swans inhabiting coastal areas displayed altered erythrocyte fragility, particularly in Gdynia, where red blood cells were more susceptible to osmotic and chemical haemolysis. Juveniles generally exhibited higher erythrocyte membrane instability than adults, reflecting differences in adaptive capacity with age.

Further biochemical parameters confirmed the influence of the environment on metabolic status. Total protein and its fractions (albumins and globulins) varied significantly between habitats, with notable differences observed in the albumin-to-globulin ratio. Juvenile males from Sopot exhibited particularly high albumin levels, while adult males from Słupsk exhibited the

lowest total protein concentrations. Significant variation was also observed in uric acid and mineral elements (Ca, P and Mg), indicating differences in metabolic regulation and potential stress-related adjustments. Correlation analyses revealed associations between specific metals (e.g. aluminium, rhodium, copper) and selected haematological or biochemical indices, suggesting interactive effects between metal exposure and physiological responses.

Thus, this study demonstrates that environmental conditions within the Baltic coastal zone significantly influence patterns of metal bioaccumulation and ecophysiological responses in C. olor. While age and sex contribute to variability, habitat type exerts the strongest effect on both contaminant load and physiological parameters. These results confirm the value of the mute swan as a bioindicator species and emphasise the importance of integrating biochemical, haematological and bioaccumulation data when assessing environmental health. Furthermore, the results emphasise the necessity of multidisciplinary approaches to improve our understanding of the adaptive mechanisms and maintenance of homeostasis in waterbirds exposed to anthropogenic pressure over the long term.

The study was supported by the Pomeranian University in Słupsk, Poland.

Kurhaluk N., Tkaczenko H.

MELATONIN PROTECTS BLOOD REDOX HOMEOSTASIS AND ERYTHROCYTE INTEGRITY IN MICE EXPOSED TO ACUTE ETHANOL TOXICITY AND LOW-DOSE LIPOPOLYSACCHARIDE

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

Alcohol abuse is a major risk factor for liver cirrhosis, pancreatitis, cancer and cardiovascular and neuropsychiatric disorders (Rehm, 2011; Molina et al., 2014). There is increasing evidence that alcohol-induced intestinal dysbiosis and enhanced gut permeability promote the translocation of lipopolysaccharide (LPS) into the bloodstream (Chen et al., 2022). This triggers systemic low-grade inflammation and oxidative stress (Lee et al., 2025). Such chronic inflammatory activation has been linked to mood and cognitive disturbances that may further reinforce alcohol dependence (Leclercq et al., 2014). As chronic alcohol intoxication reduces endogenous melatonin production, the use of exogenous melatonin has been suggested as a chronobiotic therapy to treat sleep disturbances during abstinence (Brower, 2015), as well as for its potential antioxidant and anti-inflammatory properties. We have previously demonstrated that melatonin can reduce ethanol-induced oxidative stress and low-grade inflammation in peripheral tissues (Kurhaluk et al., 2017, 2018). However, its protective role in blood redox systems under conditions of both ethanol intoxication and endotoxemia remains insufficiently explored.

Red blood cells (RBCs) possess enzymatic and non-enzymatic antioxidant systems that maintain haemoglobin (Hb) in a reduced state and preserve membrane integrity (Daraghmeh and Karaman, 2024). Oxidative damage to RBCs can lead to haemolysis, the release of free Hb, nitric oxide scavenging, endothelial dysfunction (Orrico et al., 2023) and the amplification of pro-oxidant and pro-inflammatory pathways through ferryl-Hb formation and Toll-like receptor 4 activation (Alayash et al., 2001; Belcher et al., 2017). The present study, therefore, aimed to evaluate whether melatonin protects blood morphology, erythrocyte stability and redox balance in mice exposed simultaneously to acute ethanol toxicity and a low dose of LPS.

A total of 48 male BALB/c mice were divided into eight experimental groups: control; melatonin-treated (10 mg/kg, intraperitoneally [i.p.], for 10 days); acute ethanol-exposed (0.75 g/kg/day, i.p.); LPS-exposed (150 μg/mouse, single i.p. injection); and combinations of these. Blood samples were collected 24 hours after the final administration. Haematological parameters were assessed automatically. Glycated haemoglobin (HbA1c), total antioxidant capacity (TAC), ceruloplasmin (CP), conjugated dienes, 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS/MDA) and carbonyl derivatives of oxidatively modified proteins were determined spectrophotometrically. Antioxidant enzyme activities (SOD, CAT, GR and GPx) were measured using standard enzymatic assays. The osmotic and acid-induced resistance of erythrocytes was also evaluated. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA with Bonferroni post hoc tests ($p < 0.05$).

Acute ethanol exposure significantly increased white blood cell (WBC) and neutrophil counts, whereas LPS induced leukocyte depletion. Combined ethanol and LPS exposure exacerbated haematological disturbances and altered red blood cell (RBC) indices [mean corpuscular volume (MCV) and red cell distribution width (RDW)], significantly increasing HbA1c levels. Melatonin treatment normalised WBC counts and significantly reduced HbA1c levels in all intoxicated groups, which is consistent with its metabolic regulatory properties and the previously reported association between LPS and HbA1c elevation (Trøseid et al., 2013).

Exposure to ethanol and LPS markedly reduced TAC and increased conjugated dienes, MDA and protein carbonyl derivatives, confirming intensified lipid peroxidation and protein oxidation (Kurhaluk et al., 2017, 2018). The combined model produced the most pronounced oxidative damage. Melatonin significantly decreased both early (conjugated dienes) and late (MDA) markers of lipid peroxidation, as well as aldehydic and ketonic protein derivatives. This indicates protection at the initial and terminal stages of oxidative stress.

Ceruloplasmin concentration decreased after ethanol exposure, but increased following LPS treatment. Melatonin modulated ceruloplasmin (CP) levels depending on the experimental condition, suggesting the regulation of iron-mediated oxidative processes (Ganini et al., 2012). Notably, melatonin stabilised erythrocyte membranes, as demonstrated by improved osmotic and acid resistance. This may limit haemolysis-induced Fe^{2+} release and subsequent oxidative cascades (Jasenovec et al., 2025).

Antioxidant enzyme activities were differentially affected by ethanol and LPS. Ethanol increased SOD and GR activity but reduced GPx activity, whereas LPS increased SOD, GR and GPx activity. Combined exposure impaired the enzymatic balance. Melatonin restored GR activity, modulated CAT and GPx, and reinforced the body's overall antioxidant defence capacity. This supports previous reports on melatonin's hepatoprotective and anti-inflammatory actions (Mathes, 2010; Ashrafizadeh et al., 2021; Esrefoğlu et al., 2024; Benedeto-Stojanov et al., 2024).

In summary, exposure to both ethanol and a low dose of LPS simultaneously induces oxidative and inflammatory damage to the blood in a synergistic manner, affecting erythrocyte stability and redox homeostasis. Melatonin exerts multilevel protection by normalising leukocyte counts and HbA1c, stabilising RBC membranes, enhancing antioxidant capacity, modulating ceruloplasmin and limiting lipid and protein oxidation. These findings reveal a novel mechanism of melatonin action in alcohol-related toxicity complicated by endotoxemia, suggesting its potential as an adjunctive therapeutic strategy for alcohol-associated disorders characterised by gut-derived inflammation and systemic oxidative stress.

The study was carried out as part of the statutory activities of the Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk (Słupsk, Poland).

Moroz A.[1], Brodyak I.[1], Kucharska A.[2], Sybirna N.[1]

BIOCHEMICAL EFFECTS OF CORNELIAN CHERRY (*CORNUS MAS* L.) FRUIT EXTRACTS AND EXTRACT OF FRUIT OF *CORNUS MAS* × *CORNUS OFFICINALIS* HYBRIDS IN STREPTOZOTOCIN-INDUCED DIABETES MELLITUS

[1]Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevsky St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
[2]Wrocław University of Environmental and Life Sciences, J. Chełmoński St., 37/41, Wrocław, 51-630, Poland; e-mail: anna.moroz@lnu.edu.ua

Diabetes mellitus (DM) is an endocrine disease accompanied by various metabolic disorders. Insulin deficiency and chronically elevated blood glucose levels in diabetes are factors that cause morphological, functional, and biochemical alterations. Under hyperglycaemia conditions, an imbalance in redox homeostasis leads to the development of oxidative-nitrative stress, which damages proteins, lipids and glycans. Therefore, there is a growing need to explore novel therapeutic strategies, particularly plant-based natural remedies, to treat the manifestations and complications associated with DM.

Cornelian cherry is a promising plant species widely distributed in Europe and Asia. Significant advances in the cultivation of cornelian cherry have enabled the development of new cultivars with fruits differing in size, colour, shape, and in the qualitative and quantitative composition of bioactive components. It is also important to study new cornelian cherry cultivars and to select those with more effective antidiabetic properties compared with previously known cultivars. Therefore, the aim of this study was to investigate key biochemical markers in the plasma and erythrocytes of animals with streptozotocin-induced diabetes following *per os* administration of fruit extracts of different cultivars of *Cornus mas* L. and hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis*.

The experiments were conducted on male Wistar rats. Diabetes was induced by injection of streptozotocin (55 mg/kg body weight). Rats were orally administered aqueous solutions of fruit extracts from cornelian cherry: `Uholok´, `Koralovyi´ cultivars, hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis* of `Jerzy´ and `Tomasz´ cultivars, `Podolski´, `Yantarnyi´ & `Flava´ cultivars, and loganic acid at a dose of 20 mg/kg body weight for 14 days, starting from the 10th day after the manifestation of diabetes.

The obtained results demonstrated hypoglycaemic and antioxidant effects of the fruits extracts from the `Uholok´, `Koralovyi´ cultivars of *Cornus mas* L. and *Cornus mas* × *Cornus officinalis* hybrids in the blood plasma of rats with DM, as well as the ability of these extracts to restore structural and functional disorders in erythrocytes.

Experimental data confirm the corrective effect of extracts from cornelian cherry `Uholok´, `Koralovyi´, `Podolski´, `Yantarnyi´ & `Flava´ cultivars, hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis* of `Jerzy´ and `Tomasz´ cultivars and loganic acid on carbohydrate metabolism in the blood plasma of rats with DM, and their role in preventing the development of metabolic disorders and oxidative-nitrative stress in erythrocytes of diabetic animals.

In addition, fruit extracts from the `Uholok´, `Podolski´, `Yantarnyi´ & `Flava´ cultivars of *Cornus mas* L., the hybrids of *Cornus mas* × *Cornus officinalis* and loganic acid exert a normalizing effect on the lipid profile of blood plasma in rats with diabetes.

The results of research indicate that fruit extracts of the `Podolski´ cultivar of cornelian cherry and *Cornus mas* × *Cornus officinalis* hybrids `Jerzy´ and `Tomasz´ cultivars, which contain a complex of biologically active substances with a predominance of anthocyanins and flavonols, as well as iridoids and tannins, respectively, are the most promising natural antidiabetic remedies with significant biological potential.

Multisanti C.[1], Yunko K.[2], Impellitteri F.[3], Khoma V.[4], Stoliar O.[2], Faggio C.[3,5]

BIOCHEMICAL RESPONSES OF MARINE BIVALVE MOLLUSCS *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* TO ISOTHIAZOLINONE-BASED BIOCIDE

[1]University of Messina, Viale Giovanni Palatucci snc, Messina, 98168, Italy; [2]Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, M. Kryvonosa St., 2, Ternopil, 46027, Ukraine; [3]Department of Chemical, Biological, Pharmaceutical, and Environmental Sciences, University of Messina, Messina, Italy; [4]Ternopil Scientific Research Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Budny St., 48, Ternopil, 46020, Ukraine; [5]Department of Ecosustainable Marine Biotechnology, Stazione Zoologica, Anton Dohrn, Naples, Italy; e-mail: yunkokateryna@tnpu.edu.ua

Biocidal compounds are widely used in a variety of industrial and domestic applications due to their antimicrobial properties. Among them, isothiazolinone-based biocides, namely methylchloroisothiazolinone (CMIT), an isothiazolinone-based compound, are particularly valued (Huang, 2023). Consequently, CMIT has recently been identified as an emerging contaminant in aquatic environments. However data on its sub-lethal effects in marine invertebrates remain scarce (Impellitteri, 2025; Multisanti, 2025).

The present study aims to evaluate the potential harmful effects of CMIT exposure in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* basing on the biochemical indices in digestive gland (DG) and gills (G). Mussels were exposed for 14 days to two sublethal CMIT concentrations: 0.01 (EI-group) and 0.1 (EII-group) mg/L. Oxidative stress biomarkers including superoxide dismutase (SOD) and catalase activities, glutathione (GSH/GSSG) level, lipid peroxidation (TBARS), protein carbonyls (PC), biotransformation index cytochrome P450-related EROD activity, and toxicity signs including cholinesterase activity and lysosomal viability were measured.

The signs of oxidative stress, particularly in the EII-group, were indicated. In the DG, the changes attested the pro-oxidative shift due to the catalase oppression in this group by ~26% comparing to control value. In opposite, in the G, SOD activity increased in both exposures, the level of TBARS was not targeted, and the PC level was even decreased (by ~24%) in the EII-group comparing to control. The level of GSH increased in the EI group. However, in the EII-group, it decreased, whereas the GSSG concentration increased prominently (by 1.9 times), causing the significant negative shift in the RI GSH (by more than two times). The lysosomal stability, determined by spectrophotometric assay in the DG tissue, indicated the vulnerability of lysosomal membrane integrity in the exposed groups (Khoma, 2020; Yunko, 2025). Importantly, the EROD activity in DG was induced by CMIT in both exposed groups leading to its biotransformation and, probably, increased toxicity. This manifestation is similar to effect in higher vertebrates (Jaladanki, 2021). The metabolic transformation of thiazoles is known to lead to ring opening, loss of sulphur, and generation of reactive metabolites (Silva, 2020). The released sulfur is able to react with nucleophilic groups and inactivate cellular thiols to form disulfide bonds (Nowak-Lange, 2022). The sharp drop of RI GSH corresponds to this regularity. Other toxic consequences of exposures in DG are the prooxidant changes revealed as the catalase and ChE depletion. Discriminant analysis confirmed the severity of impact and concentration-dependent difference between the biochemical responses to exposures.

This study highlights the toxicity of CMIT, laying a basis for future studies aimed at an in-depth understanding of the effects of isothiazolinones on model organisms, on the health of the entire ecosystem and, indirectly, on human health.

Acknowledges. This work has been granted to Oksana Stoliar and Kateryna Yunko by an Erasmus+ International Credit Mobility scholarship in University of Messina, Italy in the academic year 2025/2026. We cordially thank to PhD Sts and Master Sts of UNIME, who was involved in the sampling and experiment organizing.

Nemerko M., Yunko K., Stoliar O.

THE RECONSTRUCTION OF ZINC, GADOLINIUM AND YTTRIUM METALLOTHIONEINS OF BIVALVE MOLLUSC *IN VITRO*

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, M. Kryvonosa St., 2, Ternopil, 46027, Ukraine; e-mail: yunkokateryna@tnpu.edu.ua

Rare earth elements (REEs) are widely used in various industries due to their special chemical and physical properties. Their use leads to serious environmental pollution. Many studies show the negative impact of rare earth elements, in particular gadolinium (Gd) and yttrium (Y), on the oxidative-reductive state of aquatic animals (Malhotra, 2020; Khoma, 2025). However, these manifestations can be the secondary signs derived from the substitution of essential metals in the protein binding sites leading to the disrupting of their biological functions. Metallothioneins (MT) are low molecular weight proteins (6–8 kDa) rich in cysteine residues (~30%) that have a high ability to bind metals, forming metal-thiolate clusters. MT are involved in the binding and transport of irreplaceable physiological metals Zn(II) and Cu(I) and the detoxification of toxic metals Cd(II) and Hg(II) regulating their homeostasis (Ragusa, 2017). MTs also have the ability of scavenging reactive oxygen species (ROS) (Manfei, 2018). The substitution of Zn by REEs in the metal-thiolate clusters of MT seems to be doubtful (Wang, 2011). However, these proteins have other groups that can bind metals, like carboxyls.

The aim of the study was to compare the ability of zinc (Zn), gadolinium (Gd), and yttrium (Y) to bind with the apo form of MT and stability of reconstructed protein by the detection of their spectral parameters, as well as to test the stability of cluster structures under the influence of H_2O_2 in two concentrations (0.5 mM and 5 mM). MT were isolated from the digestive gland of bivalve molluscs *Unio tumidus* using gel permeation chromatography of the thermostable fraction of proteins. To obtain the apo-MT, the isolated fraction containing MT was repeatedly eluted on a Sepadex G-50 column using a 0.05 M HCl solution. The collected protein was used to reconstruct metallothionein by incubation with freshly prepared 0.6% solutions of Zn, Gd and Y.

The results showed that, when Zn, Gd and Y were incubated with apo-MT for 60 minutes, a decrease in spectral absorption was observed in all groups at 215–220 and 254–255 nm. The main reason for this change may be a decrease in the total number of bonds between metals and sulphur, metal binding to neighboring sites when one sulphur atom connects two different metals in clusters (S-M/M-S-M), which distorts the spectra, as well as conditions (*in vivo* or *in vitro*) (Stillman, 1987). Within 24 hours, changes in the spectra were noticeable, especially in the Zn group at 215–230 nm, which may indicate a redistribution of metals between domains, which is typical for heteronuclear clusters (Zn,Cd/Cu-MT) (Krężel, 2021). No such strong changes in the spectra were observed for Gd and Y. After adding 0.5 mM H_2O_2, minor changes occurred in all groups, namely an increase in the spectra at 215–220 nm and 254–255 nm for Zn. For Gd, the decrease at 215–220 nm and increase at 254–255 nm were observed, as well as a decrease at 230–240 nm, whereas Y caused the opposite effect. Thus, different cluster stability in the presence of Gd and Y was indicated, which is usually determined by M-S bonds in MT.

In general, Gd and Y in the *in vitro* exposure have different effects on the cluster structure in MT and affect the stability of partially metalated MT differently. Despite the ability of direct binding REE to MT *in vitro* remains unclear, their interaction in the organisms inhabiting polluted environments can be expected and studied more precisely.

The work was supported by a bilateral Ukraine-Lithuania scientific project of the Ministry of Education and Science of Ukraine (M/48-2024, M/48-2025) and Project No S-LU-24-13 under the Lithuanian-Ukrainian Cooperation Program.

Petryn T., Nagalievska M., Sybirna N.

GANODERMA LUCIDUM MYCELIUM EXTRACT RESTORES L-ARGININE METABOLIC BALANCE IN ERYTHROCYTES OF RATS WITH METABOLIC SYNDROME

Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevsky St., 4, Lviv, 79005, Ukraine; e-mail: tetiana.petryn@lnu.edu.ua

One of the pathogenetic pathway of metabolic syndrome (MetS) is an imbalance in L-arginine metabolism, specifically the intensification of its non-oxidative route. This correlates with the development of systemic hypertension and endothelial dysfunction, as the enhanced activity of the arginase pathway limits the availability of this substrate for the NO-synthase reaction, leading to a decrease in the production of vasoprotective NO (El-Bassossy, 2013).

Given the pathogenetic role of arginase hyperactivation in MetS, searching for natural compounds capable of modulating this metabolic pathway is highly relevant. Despite the well-known therapeutic potential of the medicinal mushroom *Ganoderma lucidum*, its capacity to influence the enzymatic steps of L-arginine turnover under these pathological conditions remains poorly understood. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of *G. lucidum* mycelium extract on the non-oxidative L-arginine metabolism in erythrocytes in an experimental model of MetS.

MetS was induced by substituting drinking water with a 10% fructose solution for 42 days. Animals were divided into four groups (n = 6–8): 1) control (C); 2) MetS; 3) control + *G. lucidum* (C + G); and 4) MetS + *G. lucidum* (MetS + G). The mushroom mycelium was administered *per os* (1 g/kg) during the final 14 days of the experiment. Animals in the second and fourth groups continued to receive the fructose solution throughout the entire experimental period.

It was established that the development of MetS causes an L-arginine deficiency in erythrocytes, which closely correlates with the intensification of the arginase metabolic pathway. Specifically, arginase activity under pathological conditions increased by 31.5% relative to control animals. The elevated enzymatic activity was confirmed by the accumulation of end products: the urea concentration in erythrocytes exceeded the control value by 61.2%, while the ornithine content rose by 38.4%.

The administration of *G. lucidum* mycelium exerted a pronounced corrective effect. In rats with the pathology, the extract promoted the normalization of L-arginine levels and inhibited excessive arginase activity, which decreased by 14.6% compared to the MetS group. This resulted in a 33.3% decline in urea concentration and a 19.2% reduction in ornithine content compare to the MetS group.

These findings suggest that *G. lucidum* extract facilitates the restoration of L-arginine homeostasis in erythrocytes by limiting excessive arginase activity and normalizing its metabolite levels. This justifies the potential use of the extract for correcting metabolic disorders associated with the development of MetS.

Shchypanskyi S., Savchuk O.

KIDNEY BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS*) HUSK PEPTIDES MITIGATE MMP-9 LEVELS IN ADIPOSE TISSUE OF OBESE RATS

Department of Biochemistry, Educational and Scientific Center, Institute of Biology and Medicine, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Hlushkova St., 2, Kyiv, 03127, Ukraine; e-mail: shchipansky.s@ukr.net

Expansion of adipose tissue is a hallmark of overweight and obesity. Such changes in tissue architecture would not be possible without extracellular matrix (ECM) remodelling. Key players in this process are matrix metalloproteinases (MMPs). According to numerous studies, MMP-9, also known as gelatinase B, is responsible for adipocyte differentiation and rapid adipose tissue expansion during obesity (Mirica et al., 2022). Peptides derived from kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) extracts are known in folk medicine for their hypoglycemic and antioxidant effects, and similar effects of kidney bean husk peptides have recently been demonstrated *in vivo* (Shchypanskyi et al., 2025). In this study, we aimed to expand current knowledge on the anti-obesity properties of kidney bean husk peptides by investigating their potential to modulate adipose tissue MMP-9 levels *in vivo*.

Preparation of kidney bean husk aqueous extracts was performed according to the method described by Kyznetsova et al. (Kyznetsova, 2015). The obtained extract was mixed with 1 M acetic acid, boiled for 1 h, and then allowed to cool. The peptide solution was subsequently centrifuged at 2,800 g for 45 min, after which the supernatant was collected and lyophilized. The experiment was conducted using 30 albino non-linear male rats housed in the accredited vivarium of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Obesity was induced according to the protocol described by Yurchenko et al. (Yurchenko, 2021). The animals were divided into three groups (n = 10 per group): a control group, a diet-induced obesity (DIO) group, and a DIO group receiving an aqueous peptide solution (DIO + P; 200 mg/kg) instead of drinking water starting from the 6th week of the experiment. After 12 weeks since the experiment started, rats were euthanized, and their organ samples were taken to prepare tissue homogenates. Visceral adipose tissue (VAT) homogenates were prepared by mixing 1 g of tissue with 50 mM Tris-HCl buffer (pH 7.4) containing 140 mM NaCl at an organ-to-buffer mass ratio of 1:9. Tissue homogenization was performed at 4°C using a hand-held homogenizer. The resulting homogenates were centrifuged at 600 g for 15 min, followed by centrifugation at 10,000 g for an additional 15 min. Relative levels of MMP-2 in rats' VAT homogenates were evaluated using standard ELISA protocol with anti-MMP-9 primary antibodies (Crowther, 2008). The results are expressed in relative units (rel. un.)/ mg of protein, as mean ± standard error of mean ($p < 0.05$, $n = 5$).

In our study, kidney bean husk–derived peptides significantly affected MMP-9 levels in VAT, suggesting that these biomolecules may attenuate adipose tissue expansion and, consequently, the progression of obesity. According to the results, MMP-9 levels in group DIO were nearly 89% ± 4% higher, compared to the control group (22.3 ± 1.0 rel. un./mg of protein and 11.8 ± 0.4 rel. un./mg of protein, respectively). At the same time, the MMP-9 level in the DIO + P group was 16.1 ± 1.6 rel. un./mg of protein, which is nearly 36% ± 11% higher than in the control group. Beyond extracellular matrix (ECM) remodelling, MMP-9 plays an important role in the development of insulin resistance and obesity-associated meta-inflammation (Molière et al., 2023). Therefore, by reducing MMP-9 levels, *P. vulgaris* bean husk peptides show potential for future use as a bioactive food supplement for overweight individuals.

In conclusion, we demonstrate for the first time an MMP-9–mitigating effect of kidney bean husk peptides. As bean husks are low-cost by-products of kidney bean agricultural processing, their cost-effectiveness is considerably higher than that of peptides or extracts derived from other plant sources. Thus, this material represents a promising source of bioactive molecules with anti-obesity properties.

Tkaczenko H., Kurhaluk N.

SEASONAL, SEX- AND EXERCISE-RELATED MODULATION OF HAEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL BLOOD INDICES IN RECREATIONALLY RIDDEN SHETLAND PONIES

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

The assessment of haematological and biochemical blood indices is a fundamental tool in equine medicine, enabling the evaluation of health, welfare, nutritional requirements, the effects of training and suitability for specific types of exercise (da Conceiçâo et al., 2022; Massanyi et al., 2022). Blood parameters in horses are influenced by various intrinsic and extrinsic factors, including age, sex, breed, physiological and reproductive status, and environmental conditions such as temperature, atmospheric pressure and photoperiod (Herteman et al., 2021; Udeh et al., 2021; Deniz et al., 2024). Seasonal variability is increasingly recognised as an important determinant of equine physiological responses (Pohlin et al., 2017). Given the growing use of Shetland ponies for recreational riding and hippotherapy, particularly in Poland, understanding the adaptive mechanisms related to season, sex and exercise is of practical and clinical relevance (Choińska et al., 2022).

This study aimed to determine the influence of seasonal environmental conditions (photoperiod), sex, and moderate physical exercise on haematological and selected biochemical blood parameters in adult Shetland ponies used for recreational riding. Twenty-one clinically healthy ponies (11 mares and 10 stallions; aged 6.5 ± 1.4 years) from Central Pomerania in Poland were examined. Blood samples were collected before and immediately after a standardised one-hour cross-country exercise session in four seasons (spring, summer, autumn and winter). Routine haematological parameters (RBC, HGB, HCT, MCV, MCH, MCHC, RDW, PLT, MPV, PDW, WBC and leucogram indices) were analysed using an automated haematology analyser. Biochemical markers included alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), lactate dehydrogenase (LDH), lactate, pyruvate, and the lactate-to-pyruvate ratio. Statistical evaluation was performed using two-way and three-way ANOVA, MANOVA and regression models, with $P < 0.05$ being considered significant.

A multivariate analysis revealed that photoperiod and exercise had a stronger effect on blood parameters than sex. Significant main effects were observed for photoperiod ($F = 4.04–8.00$; $P = 0.000$), sex ($F = 8.52$; $P = 0.000$) and exercise ($F = 11.60$; $P = 0.000$), as well as for their interactions, particularly the interaction between season and exercise ($F = 18.60\text{-}4.15$; $P = 0.000$). However, no statistically significant seasonal differences were found in standard morphological blood indices in mares or stallions, suggesting that moderate, non-exhaustive exercise does not disrupt haematological homeostasis. This stability indicates the presence of well-developed adaptive mechanisms that maintain erythrocyte and leukocyte parameters under physiological stress. Similar adaptive patterns have been described in other equine studies (Satué et al., 2012, 2020).

Regression analysis revealed significant correlations between sex and red blood cell (RBC), haematocrit (HCT) and mean corpuscular volume (MCV) counts (negative β-coefficients), between exercise and white blood cell (WBC) count (positive β), and between season and red cell distribution width (RDW) and granulocyte count. Among the biochemical parameters, ALT exhibited the strongest dependence on photoperiod and exercise ($R^2 = 0.838$), followed by AST and LDH. The highest ALT activity was observed in spring following exercise in both sexes, whereas significantly lower activity occurred in autumn and winter. AST activity showed less seasonal variation, but responded to exercise during certain periods. LDH activity and lactate concentrations reflected seasonal modulation of energy metabolism. The lactate-to-pyruvate ratio was significantly higher in winter after exercise in both mares and stallions, indicating a relative shift towards anaerobic metabolism.

These findings confirm that routine, moderate exercise induces measurable metabolic responses, particularly in energy-related pathways. Lactate and LDH are widely recognised as indicators of exercise intensity and fitness in horses (de Moffarts et al., 2005; Piccione et al., 2014), whereas increases in aminotransferase activity can occur physiologically without causing tissue damage (Rose and Allen, 1985). The absence of sex-related dependence for key metabolic markers suggests that adaptive responses in this breed are universal under moderate workloads. Seasonal influences may reflect changes in thermoregulation, hydration status, grazing patterns, and endogenous circannual rhythms, all of which are known to modulate physiological functions in temperate climates (Lincoln and Hazlerigg, 2010; Satué et al., 2013, 2014).

In conclusion, this study demonstrates that photoperiod and exercise are the primary determinants of adaptive haematological and biochemical responses in recreationally ridden Shetland ponies. While morphological blood indices remained stable across seasons, significant seasonal modulation was observed in aminotransferase activity and energy metabolism markers. These results emphasise the importance of considering the seasonal context when interpreting blood parameters in equine practice, as well as when optimising year-round training and welfare management programmes.

This study was conducted as part of the statutory activities of the Institute of Biology at the Pomeranian University in Słupsk (Słupsk, Poland).

Tkaczenko H.[1], Tiupova T.[1], Osmólska U.[2], Lukash O.[3], Kurhaluk N.[1]

DOSE-DEPENDENT EFFECTS OF *CHELIDONIUM MAJUS* L. EXTRACTS ON OXIDATIVE STRESS BIOMARKERS IN THE BLOOD OF PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS: AN *IN VITRO* STUDY

[1]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; [2]Institute of Health Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Bohaterów Westerplatte St., 64, Słupsk, 76-200, Poland; [3]Department of Ecology, Geography and Nature Management, T. H. Shevchenko National University "Chernihiv Collegium", Hetmana Polubotka St., 53, Chernihiv, 14-000, Ukraine; e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Diabetes mellitus (DM) is a chronic metabolic disorder characterised by persistent hyperglycaemia resulting from impaired insulin secretion, insulin resistance, or both. This can lead to severe microvascular and macrovascular complications (Diabetes Care, 2011; Forbes and Cooper, 2013). There is increasing evidence that oxidative stress plays a central role in the pathogenesis and progression of type 2 diabetes mellitus (T2DM), contributing to β-cell dysfunction and impaired insulin signalling (Giacco and Brownlee, 2010; Yaribeygi et al., 2019, 2020). Reactive oxygen and nitrogen species (ROS/RNS) disrupt cellular redox homeostasis and induce damage to lipids, proteins and DNA, thereby exacerbating diabetic complications (Angelova et al., 2018). Consequently, plant-derived antioxidants have attracted attention as potential modulators of oxidative imbalance in DM (Scalbert et al., 2005; Pisoschi et al., 2016).

Chelidonium majus L. (greater celandine, Papaveraceae) is a medicinal plant that is widely used in European phytotherapy and traditional Chinese medicine (Nawrot et al., 2021). It contains numerous bioactive metabolites, particularly isoquinoline alkaloids such as chelidonine, chelerythrine, sanguinarine, coptisine, protopine and berberine, which exhibit antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, cytotoxic and immunomodulatory properties (El-Readi et al., 2013; Zielińska et al., 2018; Herrmann et al., 2018). However, the redox-modulating potential of *C. majus* extracts in diabetic conditions remains insufficiently characterised.

This study aimed to evaluate dose-dependent changes in oxidative stress biomarkers in blood samples obtained from patients with T2DM (n = 7) following in vitro exposure to aqueous extracts derived from the roots and stalks of *C. majus*, collected in urban (n = 5) and rural (n = 15) areas of the Kartuzy district in the Pomeranian region of northern Poland. Lipid peroxidation was assessed using the TBARS assay (malondialdehyde equivalents), while oxidative protein damage was determined by measuring aldehydic and ketonic protein carbonyl derivatives (Levine et al., 1990; Dubinina et al., 1995). The extracts were applied at final concentrations of 5, 2.5, 1.25 and 0.63 mg/mL. Statistical analysis was performed using the Kruskal-Wallis test ($p < 0.05$).

Exposure of diabetic blood samples to higher extract concentrations (5, 2.5 and 1.25 mg/mL) predominantly resulted in a significant increase in TBARS levels, particularly for root and stalk extracts collected from urban areas. This indicates enhanced lipid peroxidation. Similar pro-oxidative trends were observed for aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins at these concentrations. In contrast, lower concentrations (0.63 mg/mL), particularly those of stalk extracts from urban areas, were associated with reduced TBARS levels and decreased ketonic derivatives of protein oxidation. This suggests a potential protective or antioxidant effect. Root extracts from rural areas occasionally demonstrated moderate reductions in lipid peroxidation markers at higher doses, indicating variability related to plant origin and phytochemical composition (Seidler-Łożykowska et al., 2016; Krizhanovska et al., 2021). These findings demonstrate a clear, dose-dependent, dual effect of *C. majus* extracts on oxidative processes in diabetic blood, with pro-oxidative activity observed at higher concentrations and partial antioxidant protection at lower doses. The observed variability may be attributed to differences in alkaloid profiles and other secondary metabolites, whose biological activities include both cytotoxic and antioxidant mechanisms (Pérez-Gutiérrez, 2011; Wang et al., 2013; Jang et al., 2021). In conclusion, *C. majus* extracts modulate oxidative stress biomarkers in vitro in blood from patients with T2DM in a

concentration- and origin-dependent manner. While high doses may exacerbate oxidative damage, lower concentrations – particularly stalk extracts from urban habitats – exhibit potential protective effects against lipid and protein oxidation. These results suggest that *C. majus* is a biologically active plant with complex redox-modulating properties. Further phytochemical characterisation and *in vivo* investigations are warranted to clarify its therapeutic relevance in diabetes-related oxidative stress.

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education (Poland). This study was carried out as part of the project "Greater Celandine (Chelidonium majus L.) as a source of bioactive substances for pharmaceutical use" (Student Science Associations Create Innovations programme, 2023-2024).

Trach Y.[1, 2], Yanovych D.[1], Rydchuk M.[1], Plotytsia S.[1], Zasadna Z.[1], Brodyak I.[2]

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF UPLC-MS/MS METHOD FOR THE SIMULTANEOUS QUANTIFICATION OF IVERMECTIN AND CLOSANTEL IN CALF BLOOD PLASMA SUITABLE FOR CLINICAL TRIALS

[1] State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives, Donetska St., 11, Lviv, 79019, Ukraine; [2]Ivan Franko Lviv National University, Hrushevsky St., 4, Lviv, 79005, Ukraine; e-mail: tracyuriy@gmail.com

Ivermectin (CAS No. 70288-86-7) and closantel (CAS No. 57808-65-8) are anthelmintic drugs that are widely used for the treatment and prophylaxis of a wide range of parasitic infections in pets and livestock. Unlike ivermectin, closantel is not used in human medicine. The combination of ivermectin and closantel in a single formulation provides a synergistic effect by compensating for drugs biocidal deficiencies in the elimination of helminths. Due to their extensive use in veterinary medicine, particularly in food-producing animals, a fast, reliable, and sensitive method for the determination of these drugs in biological matrices is required. Simultaneous analysis of these compounds can be readily achieved using ultra-high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometric detection (UPLC-MS/MS). In this study, a UPLC-MS/MS method was developed and validated for the determination of ivermectin and closantel in calf plasma and can be applied to pharmacokinetic studies and bioequivalence assessments.

The sample preparation began with dilution of 0.1 ml of blood plasma with 2.0 ml of 0.1 M phosphate buffer (pH 7.5) and sonication of the samples for 20 min without heating. This step allowed disruption of protein complexes with ivermectin and closantel. Liquid-liquid extraction was performed using 10 ml of a 1:1 (v/v) mixture of acetonitrile and ethyl acetate. 8 ml aliquote of organic phase was concentrated by evaporation under vacuum at 40°C. The samples were then reconstituted with 0.4 ml of 70% aqueous acetonitrile and defatted with 0.5 ml of hexane. The lower phase was used for further analysis with UPLC-MS/MS method. Chromatographic separation was performed using Waters ACQUITY UPLC H-Class liquid chromatograph equipped with ACQUITY UPLC BEH C18 column (1.7 µm, 50 mm x 2.1 mm) and an ACQUITY UPLC BEH C18 VanGuard pre-column (1.7 µm, 5 mm x 2.1 mm). The separation was conducted using gradient elution with mobile phase A (0.1% aqueous formic acid) and mobile phase B (1:1 (v/v) mixture of methanol and acetonitrile) for 6 minutes. The retention times of ivermectin and closantel were 2.64 and 2.24 min, respectively. The analytes were detected using Waters Xevo TQ-S Micro triple quadrupole mass spectrometer. Ivermectin was analysed in positive electrospray ionisation mode (ESI+) whereas closantel was analysed in negative mode (ESI-). The mass spectrometer was operated in MRM mode, and the following transitions were monitored: precursor ion at m/z 892.8 with product ions at m/z 307.2 and 569.4 for ivermectin; and precursor ion at m/z 661.0 with product ions at m/z 126.8; 279.0; 315.0 and 344.8 for closantel. Validation of an analytical method is an essential step in method development that ensures the reliability, accuracy, and reproducibility of obtained results. Method validation was performed in accordance with ICH M10 guideline on bioanalytical method validation. Selected identification criteria were evaluated with regards to the requirements of EU Commission Regulation 2021/808. The following validation parameters were evaluated: selectivity, linearity range, precision, accuracy, limit of detection (LOD), and limit of quantitation (LOQ). Visual inspection of the obtained chromatograms demonstrated that the peaks of ivermectin and closantel were clearly separated from matrix peaks. The developed method showed strong linear relationship ($R^2 = 0.955–0.999$) over the concentration range of 0–200 ng/mL for ivermectin and 0–20 µg/mL for closantel. The method demonstrated acceptable accuracy and precision at three concentration levels for ivermectin (1.0, 10.0, 100.0 ng/mL) and closantel (500, 2000, 10 000 ng/mL). The LOD and LOQ of the method were 1.7 and 5.5 ng/mL for ivermectin and 2.6 and 8.6 /mL for closantel. In accordance with results of validation, the developed method is reliable and can be applied to the determination of ivermectin and closantel in blood plasma in veterinary clinical trials or routine analysis.

БОТАНІКА ТА ІНТРОДУКЦІЯ РОСЛИН
BOTANY AND PLANTS INTRODUCTION

Агафонов Д.

ПЕРША В УКРАЇНІ ЗНАХІДКА ГРИБА *INOCYBE SYRINGAE* ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ITS-МЕТАБАРКОДИНГУ ЗРАЗКІВ ҐРУНТУ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: informashiks@gmail.com

Ahafonov D. FIRST RECORDS OF THE FUNGUS *INOCYBE SYRINGAE* IN UKRAINE BASED ON ITS SOIL METABARCODING. *Inocybe syringae* is a recently described ectomycorrhizal, poisonous agaricoid fungus. Using ITS-based metabarcoding of soil samples, we detected this species in two distinct locations in Ukraine: the "Medobory" Nature Reserve (Ternopil district) and the "Slobozhanskyi" National Nature Park (Kharkiv district). These findings represent the first records of this species in Ukraine, extending its known distribution and confirming its association with deciduous forests, particularly *Quercus* and *Carpinus*.

Рід *Inocybe* (Fr.) Fr. є одним із найбагатших на види та таксономічно складних родів ектомікоризних грибів. Традиційна ідентифікація видів цього роду базується на комплексі макро- та мікроморфологічних ознак, проте високий рівень внутрішньовидової мінливості та наявність криптичних видів суттєво ускладнюють цей процес. Запровадження методів молекулярної філогенетики, зокрема аналізу ITS-регіону рДНК, призвело до критичного перегляду багатьох видових комплексів та опису нових таксонів.

Вид *Inocybe syringae* Bandini, B. Oertel & U. Eberh. був описаний у 2022 році в журналі Mycologia Bavarica. Голотип виду був зібраний у Німеччині (Баден-Вюртемберг) на ґрунті в асоціації з *Fagus sylvatica* та *Carpinus betulus*. Екологічно вид приурочений до листяних лісів, часто на вапнякових ґрунтах. Як і більшість представників роду, *I. syringae* є отруйним грибом, що містить мускарин. До цього часу вид був відомий переважно за зразками з Німеччини, а також метабаркодинговими даними з Естонії та Латвії (Bandini et al., 2022).

У результаті метабаркодингового аналізу зразків ґрунту нами вперше виявлено генетичний матеріал *Inocybe syringae* в Україні з двох просторово відокремлених локалітетів. Перший зразок було відібрано 10 серпня 2023 року О. Ю. Акуловим у природному заповіднику «Медобори» (Тернопільська обл., 49.223655°N, 26.18812°E). Біотоп представлений дубово-грабовим лісом центральноєвропейського типу поблизу печери «Перлина» з присутністю дуба, явора та ясена. Другий зразок відібрано 30 серпня 2023 року В. В'юнником у Національному природному парку «Слобожанський» (Харківська обл., 50.1068°N, 35.1783°E). Локалітет розташований у зволоженій балці, де деревостан формують дуб з домішкою липи, в'яза, клена та ліщини із наявністю великої кількості деревини дуба на різних стадіях розкладання.

Обидві українські знахідки узгоджуються з екологічними преференціями виду, оскільки пов'язані з широколистяними деревними рослинами, які є потенційними мікоризними партнерами *I. syringae*. Виявлення цього таксона в Україні розширює його відомий ареал на схід та підтверджує ефективність методу ITS-метабаркодингу ґрунту для інвентаризації біорізноманіття мікоризоутворювачів, ідентифікація яких за плодовими тілами є ускладненою.

Роботу виконано в межах міжнародного проєкту Tracking Trade Across Symbiotic Networks за підтримки індивідуального гранта доцента О. В. Прилуцького (Human Frontier Science Program, ініціатива S4S) під науковим керівництвом доцента О. Ю. Акулова.

Альфавіцький О.

АВТЕНТИЧНІ МАТЕРІАЛИ БРОНІСЛАВА БЛОЦЬКОГО В ГЕРБАРІЇ ЛЬВІВСКОГО УНІВЕРСИТЕТУ (LW): РІД *POTENTILLA* (ROSACEAE)

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: ostap.alfavitskyi@outlook.com

Alfavitskyi O. BRONISŁAW BŁOCKI'S AUTHENTIC MATERIALS IN THE HERBARIUM OF LVIV UNIVERSITY (LW): GENUS *POTENTILLA* (ROSACEAE). The study provides insight into Bronisław Błocki's authentic materials in the herbarium LW and preliminarily clarifies the status of the *Potentilla* taxa proposed by this author. Eight names of *Potentilla* were identified as validly published by Błocki, while the other names are either invalid, validated by other authors, or known only from herbarium labels. These results provide a basis for further nomenclatural-taxonomic revision of Błocki's cinquefoil taxa.

Броніслав Блоцький (1854–1919) – відомий дослідник флори Галичини, Поділля та Східних Карпат. Окрім загальних флористичних досліджень, низка його праць стосується критичних груп рослин (Köhler, 2024). Серед них важливе місце займає рід *Potentilla* L., що відомий морфологічною мінливістю представників та складною систематикою (Eriksson, 2022). У межах цього роду Б. Блоцьким було запропоновано низку нових для науки таксонів. Втім багато назв цих таксонів не були валідно опубліковані або відомі лише з гербарних етикеток.

З метою проведення критичної ревізії таксонів дослідника, нами були опрацьовані гербарні зразки представників роду *Potentilla* у колекції гербарію Львівського національного університету імені Івана Франка (LW), де зберігається більшість автентичних матеріалів автора. У фондах гербарію нами виявлено близько 1000 гербарних зразків перстачів, що були зібрані і/або опрацьовані Б. Блоцьким. Частина цих зборів репрезентує таксони, описані іншими авторами. Водночас понад 800 гербарних зразків стосуються нових для науки таксонів, запропонованих Б. Блоцьким. Їхньої повної таксономічної ревізії досі не проведено, як і не позначено номенклатурні типи для більшості валідно опублікованих назв. Саме тому згадані гербарні матеріали становлять велику наукову цінність, оскільки дають змогу розуміти таксономічну концепцію автора, діагностичні ознаки його таксонів, а також є першочерговими для типіфікації назв.

З огляду на це, паралельно з опрацюванням гербарних зразків нами було критично опрацьовано літературні джерела стосовно таксонів перстачів Блоцького. Встановлено, що у серії публікацій дослідник валідно опублікував назви наступних таксонів, що також представлені гербарним матеріалом у гербарії (LW): *P. andrzejowskii* Błocki (28 гербарних зразків); *P. dichtliana* Błocki (5); *P. knappii* Błocki (27); *P. leucopolitanoides* Błocki (57); *P. canescens* var. *podolica* Błocki (17); *P.* ×*arenicola* Błocki (14); *P.* ×*tynieckii* Błocki (8); *P. isosepala* Błocki, nom. illeg (17). Втім більшість цих зразків були зібрані після дати опису таксонів, тому не можуть бути використані для типіфікації назв. В той же час, для *P. dichtliana* (2 гербарні зразки), *P.* ×*tynieckii* (6) та *P. isosepala* (3) були виявлені зразки, які очевидно становлять оригінальний матеріал. Вони зібрані до моменту укладання діагнозів і, найбільш імовірно, використовувались для опису цих таксонів.

Окрім таксонів з валідно опублікованими назвами, 20 нових назв таксонів опубліковані Б. Блоцьким без опису (nomina nuda), з яких 13 були валідизовані іншими авторами. Дев'ять назв таксонів були невалідно опубліковані іншими авторами на підставі назв, поданих Блоцьким на гербарних зразках. Окрім того, 12 назв нових таксонів з'явились лише на гербарних етикетках та ніде не опубліковані. Опрацьовані автентичні матеріали стануть основою для подальшої номенклатурно-таксономічної ревізії таксонів перстачів Б. Блоцького з типіфікацією валідно опублікованих назв.

Бухтіярова М., Войцехівська О.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ТА ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ В ОЗЕЛЕНЕННІ ДОРІГ ТА ПРИДОРОЖНІХ ЗОН

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, м. Київ, 01601, Україна; e-mail: mariya.bukhtiyarova@gmail.com

Bukhtiyarova M., Voitsekhivska O. INNOVATIVE APPROACHES TO ROADS AND ROADSIDE AREAS. Urbanization and intensive development of transport infrastructure significantly increase anthropogenic pressure on the environment. Roadside greening is considered as an effective tool for improving ecological conditions, reducing air and noise pollution, and enhancing the aesthetic quality of urban space. In this paper approaches to landscaping roads and roadside areas in the urban environment are analysed and evaluated. The process of realising a balance between the life of humans, other living beings, plants and nature in general during the arrangement of the urban environment is investigated. Attention is focused on expanding the use of approaches in the arrangement of such objects of the urban environment as overpasses, traffic circles and car parks, city streets, etc.

Озеленення доріг та придорожніх зон є важливою складовою формування екологічно збалансованого та комфортного міського середовища. При збільшенні антропогенного навантаження традиційні методи озеленення часто виявляються недостатньо ефективними, що зумовлює необхідність впровадження інноваційних підходів до проєктування зелених насаджень у транспортній інфраструктурі (Мельніченко, 2009). Метою роботи було здійснити огляд сучасних тенденцій та інноваційних рішень в озелененні доріг та придорожніх зон. Проаналізовано основні функції придорожнього озеленення, зокрема, екологічну, естетичну, соціальну та захисну. Встановлено, що зелені насадження вздовж автомобільних доріг сприяють зниженню рівня забруднення повітря, шумового навантаження, теплового ефекту, а також підвищують безпеку дорожнього руху та покращують психологічний стан населення (Shumbham, 2020).

Виявлено, що традиційно для озеленення доріг та придорожніх зон висаджують дерева та кущі різних порід, які утворюють зелену огорожу, створюють газони, які виконують декоративну та ґрунтозахисну функцію, для оздоблення дороги та прилеглої території створюють квітники з однорічних та багаторічних рослин. Незважаючи на свої переваги, традиційні методи не враховують тип ландшафту та зміну кліматичних умов, що призводить до скорочення життєвого циклу рослин та їх швидкої загибелі. Слід зазначити, що у вітчизняній нормативній базі досі не закріплене обов'язкове озеленення узбіччя доріг під час будівництва, реконструкції чи капітального ремонту в містах (Ісаченко, 2021).

Особливу увагу приділено інноваційним рішенням у сфері озеленення доріг, серед яких зелені коридори, вертикальне озеленення, екодуки, екопарковки та використання розумних систем поливу. Аналізуючи сучасні тенденції озеленення доріг міського середовища можна зробити висновок, що світ уникає автомобілецентричної моделі, вулиці, насамперед, починають сприймати як пішохідне середовище, з суттєво обмеженим автомобілепотоком. Зелені насадження вздовж доріг, бульварів, на площах характеризуються поліфункціональністю, видовий асортимент зелених насаджень відповідає ґрунтово-кліматичним умовам, має високий адаптаційний потенціал до цілого спектру негативних факторів урбанізованого середовища, задовольняє вимоги Державних будівельних норм (Дячок, 2016). Доведено, що найбільш ефективним є комплексний підхід до озеленення доріг та придорожніх зон з урахуванням функціонального призначення вулиць, кліматичних та екологічних умов, особливостей експлуатації та подальшого обслуговування. Отримані результати можуть бути використані у практиці ландшафтного проєктування та при розробці програм екологізації міського середовища з метою забезпечення сталого розвитку міст.

Вергун М., Павлишак Я.

РІЗНОМАНІТТЯ РОСЛИН НА ТЕРИТОРІЇ ДОШКІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ «ПОЛУНИЧКА» МІСТА ДРОГОБИЧ

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Стрийська, 3, м. Дрогобич, 82100, Україна, e-mail: pavlyshak2210@ukr.net

Vergun M., Pavlyshak Y. PLANT DIVERSITY OF THE TERRITORY OF THE PRESCHOOL EDUCATIONAL INSTITUTION "POLUNYCHKA" OF THE CITY OF DROHOBYCH. It was established that the species composition of plants in the research area is quite rich and diverse. Precissed flora of plants and they are systematized on families, classes and departments. The leading families are *Asteraceae* (11 species), *Rosaceae* (10), *Lamiaceae* (6), *Poaceae* та *Pinaceae* (5). Environmental peculiarities of dendroflora for numerical indicators in regard to various environmental factors are established.

Актуальним на сьогодні залишається питання впровадження заходів щодо покращення стану довкілля, благоустрою та озеленення міст і населених пунктів. Озелененню та благоустрою територій дошкільних навчальних закладів слід приділяти особливу увагу. Значення таких територій полягає не лише в санітарно-гігієнічній та архітектурно-планувальній функції; вони виконують виховну роль, сприяючи формуванню у дітей пізнавального інтересу та дбайливого ставлення до природи (Пилипенко, 2018).

Територія ДНЗ повинна бути добре ізольованою захисною смугою з чагарників і дерев від сусідніх ділянок та вулиць, а озеленення повинно охоплювати до 80% її площі (Черняк, 2010). Озеленення територій ДНЗ здійснюється за певними принципами та критеріями, серед яких заборона та використання отруйних рослин, видів із колючками або сильним запахом. Це зумовило інтерес до проведення аналізу стану озеленення дитячого садка.

Об'єктом дослідження були рослини на території дошкільного навчального закладу №19 «Полуничка», який знаходиться в центральній частині міста Дрогобич за адресою: вулиця Івана Франка, 12.

Флористичний склад досліджуваної території представлений 88 видами рослин, що належать до 84 родів, 37 родин, 4 класів і 3 відділів. У систематичній структурі флори домінують представники відділу *Magnoliophyta* – 80 видів (91,0%). Голонасінні (*Pinophyta)* представлені родинами *Cupressaceae* та *Pinaceae*, частка яких становить 5,4%. Найменшу частку займає відділ *Polypodiophyta* – 2,7%. Систематичний аналіз рослин показав, що серед родин найбільш представленими є: *Asteraceae* (12,5%), *Rosaceae* (11,4%), *Lamiaceae* (6,8%), *Poaceae* та *Pinaceae* (5,7%). По 4 види налічують родини *Oleaceae* та *Salicaceae,* що становить 4,5%. Родини *Brassicaceae, Fabaceae* та *Betulaceae* представлені по 3 види кожна, що становить 3,4%. Родини *Boraginaceae, Hydrangeaceae, Primulaceae, Liliaceae, Cupressaceae, Ranunculaceae* та *Aceraceae* представлені по 2 види кожна, що становить 2,3%. По одному виду налічується у 20 із 37 родин, що відповідає 22,7% від загальної кількості виявлених видів і свідчить про найменше видове різноманіття серед цих родин.

Гапоненко А.

НАКОПИЧЕННЯ КАДМІЮ У РОСЛИНАХ РОДИН *FABACEAE* ТА *BRASSICACEAE*

Український інститут експертизи сортів рослин,
вул. Горіхуватський шлях, 15, м. Київ, 03041, Україна; e-mail: uipvegap@gmail.com

Gaponenko A. CADMIUM ACCUMULATION IN PLANTS OF *FABACEAE* AND *BRASSICACEAE*. The study presents a comparative analysis of cadmium accumulation in plants of the *Fabaceae* and *Brassicaceae* families grown on grey forest sandy soil. Cadmium concentration in plant tissues and soil was determined using ICP-OES. The results revealed species-specific differences in cadmium uptake and demonstrated the influence of biological traits on metal accumulation. The findings contribute to understanding plant-mediated transformation of heavy metals in soils.

Забруднення ґрунтів важкими металами належить до ключових чинників деградації наземних екосистем. Воно супроводжується порушенням біогеохімічних циклів, зниженням біопродуктивності та створює ризик вторинного надходження токсикантів у харчові ланцюги. Серед небезпечних елементів особливу увагу привертає кадмій (Alloway, 2013). Навіть за відносно низьких концентрацій кадмій порушує фізіолого-біохімічні процеси, знижує ферментативну активність і пригнічує ріст рослин.

Одним із напрямів зниження рівня забруднення ґрунтів є використання рослин, здатних поглинати та накопичувати токсичні елементи у надземній біомасі. Ефективність такого підходу значною мірою визначається видовими особливостями рослин, інтенсивністю їх ростових процесів і специфікою взаємодії з ґрунтовим середовищем. У цьому контексті науковий інтерес становить порівняння здатності до накопичення кадмію рослинами різних таксономічних груп, що дає змогу встановити міжродинні відмінності у механізмах поглинання металів.

Метою дослідження було встановлення накопичення кадмію рослинами родин *Fabaceae* та *Brassicaceae* за умов вирощування на сірому лісовому деградованому супіщаному ґрунті. Вміст кадмію у надземній масі рослин та ґрунті визначали методом оптичної емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою. Інтенсивність акумуляції оцінювали шляхом співвідношення концентрації елемента у рослинній тканині до його вмісту у ґрунті. У ґрунті на ділянці з представниками роду *Trifolium* вміст Cd становив 0,1721 мг/кг. У надземній масі досліджених видів роду *Trifolium* зафіксовано вміст кадмію в межах 0,0207–0,0412 мг/кг. Найменше значення встановлено для *T. rubens* (0,0207 мг/кг), найбільше – для *T. dubium* (0,0412 мг/кг). У *T. repens* та *T. pratense* визначено однаковий вміст Cd – 0,0252 мг/кг. На ділянці культур родини *Brassicaceae* вміст Cd у ґрунті становив 0,6793 мг/кг. У надземній масі досліджених культур зафіксовано такі значення: у редьки олійної «Кияночка» – 0,3630 мг/кг, у гірчиці білої «Сонячна» – 0,2011 мг/кг, у ріпака озимого «Горлиця» – 0,1035 мг/кг, у гірчиці сарептської «Золотава» – 0,1756 мг/кг, у суріпиці озимої «Оріана» – 0,1767 мг/кг, у тифону «Фітопал» – 0,1049 мг/кг.

Отримані результати засвідчили виражену видоспецифічність у накопиченні кадмію рослинами досліджуваних родин. Для представників *Fabaceae* характерні відносно стабільні та помірні концентрації кадмію в надземній біомасі, що, ймовірно, пов'язано з особливостями фізіологічної регуляції мінерального живлення та механізмами обмеження надходження токсичних іонів у тканини. Натомість у рослин *Brassicaceae* виявлено значно більшу варіабельність концентрацій кадмію, що свідчить про диференційовані механізми його поглинання та внутрішньотканинного розподілу (Kabata-Pendias, 2011).

Таким чином, результати дослідження підтверджують існування міжродинних відмінностей у здатності рослин до акумуляції кадмію та розширюють уявлення про роль біологічних факторів у формуванні інтенсивності поглинання важких металів рослинними організмами. Отримані дані можуть бути використані для подальшої оцінки екологічної ролі трав'янистих рослин у процесах трансформації токсичних елементів у ґрунтовому середовищі.

Головко Є.[2], Бойко Р.[1], Ісаченко О.[2]

РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ ТРЬОХ НОВИХ ІНТРОДУКОВАНИХ СОРТІВ ҐРУНТОПОКРИВНИХ ТРОЯНД РОДУ *ROSA* L. ДО ШКІДНИКІВ І ХВОРОБ. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СЕЗОННОЇ ПРОФІЛАКТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ ТРОЯНД

[1]Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка Національної академії наук України, вул. Садово-ботанічна, 1, м. Київ, 01014, Україна; [2]Комунальний позашкільний навчальний заклад «Київська Мала академія наук учнівської молоді», вул. Панаса Мирного, 19, м. Київ, 01011, Україна; e-mail: ecokman@gmail.com

Holovko Y., Boyko R., Isachenko O. RESULTS OF ASSESSMENT OF THE RESISTANCE OF THREE NEWLY INTRODUCED VARIETIES OF GROUND COVER ROSES OF THE GENUS *ROSA* L. TO PESTS AND DISEASES. DEVELOPMENT OF METHODS FOR SEASONAL PROPHYLAXIS AND TREATMENT OF ROSES. Groundcover roses are a group of roses of the genus *Rosa* L. that have a creeping or spreading crown shape. Due to their long flowering and unpretentiousness in care, they are universal for use in landscaping. But like most ornamental plants, they are affected by pests and diseases, which weakens the rose and can lead to its death. Therefore, in order to protect plants, field and laboratory studies were conducted during the work, modern methods of protection and prophylaxis of roses, as well as preparations and phenological phases of development were analyzed. Based on this information, the author's methodology was developed, which is universal and can be used in any climatic zone.

Ґрунтопокривні троянди – це група троянд роду *Rosa* L., що мають сланку або розлогу форму крони куща (Мороз, 2010; Бойко, 2019). Такі ознаки відрізняють їх від інших садових груп. Завдяки тривалому цвітінню та невибагливості у догляді вони є універсальними для використання у ландшафтному дизайні (Рубцова, 2009). Фахівцями з'ясовано, що основними причинами втрати декоративності, а іноді і повної загибелі троянд, є порушення агротехнічних умов вирощування рослин, а також їх ураження шкідниками та хворобами (Марченко, 2017; Соболенко, Грамма, 2021). Тому важливим напрямом роботи є регулярне проведення первинного інтродукційного оцінювання сортів троянд, що обов'язково включає оцінювання їхньої стійкості до шкідників і хвороб. Метою роботи було дослідження стійкості до шкідників і хвороб нових інтродукованих сортів ґрунтопокривних троянд роду *Rosa* та проведення аналізу сучасних методів профілактики і лікування троянд з розробкою власного методу. За рекомендаціями по первинній інтродукційній оцінці на І етапі були проведені польові та камеральні дослідження трьох сортів: «Медуза» ("Medusa"), «Роді» ("Rody"), «Перпл Рейн» ("Purple Rain"), інтродукованих до НБС 2015–2025 рр. У результаті виявлено, що сорти різні за морфологічними ознаками. ІІ етап роботи включав лабораторні дослідження зібраних зразків уражених частин рослин. Були виявлені хвороби: чорна плямистість, сіра гниль, молочний блиск, песталоція, пероноспороз, а також шкідник – зелена попелиця. За результатами обстежень проводили оцінювання стійкості за методикою С. О. Трибеля (Трибель, 2001). Виявлено, що «Роді» має середні або низькі показники ураження (2–3 бали). Тому оцінка стійкості сорту – «стійкий». «Медуза» та «Перпл Рейн» мають середні або високі показники ураження (3–4 бали), їх віднесено до нестійких сортів. Незважаючи на різний ступінь ураження патогенами, усі сорти рекомендовано застосовувати в озеленення з дотримуванням певних агротехнічних заходів (впроваджувати санітарну обрізку, моніторинг за станом рослин, забезпечувати гарну циркуляцію повітря). Проаналізовано сучасні методи профілактики та лікування троянд та проведено моніторинг сучасних препаратів. На базі опрацьованих даних розроблено авторську методику, яка враховує фенологічні фази розвитку троянди упродовж сезону, перелік сучасних препаратів захисту та правила їх використання. За правилами необхідно враховувати погодні умови, температуру, дозування препарату, чергування препаратів протягом сезону. Методика універсальна, може використовуватись користувачами будь-якої кліматичної зони; вона є доповненням до існуючих методів та прийомів, є підґрунтям створення індивідуальних сезонних графіків обробок та внесення добрив для різних садово-паркових господарств. Запропоновану методику рекомендуємо використовувати для стабільного росту та декоративності троянд.

Гусєва М.

ПЕРША В УКРАЇНІ ЗНАХІДКА ГРИБА *ORBILIA* AFF. *AURICOLOR* У ҐРУНТІ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МЕДОБОРИ» ЗА ДАНИМИ ITS-МЕТАБАРКОДИНГУ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: mariiahuseva259@gmail.com

Husieva M. FIRST RECORD OF THE FUNGUS *ORBILIA* AFF. *AURICOLOR* IN THE SOIL OF "MEDOBORY" NATURE RESERVE BASED ON ITS-METABARCODING DATA. *Orbilia* includes saprotrophic and nematode-trapping fungi, some of which form adhesive hyphal traps under nitrogen limitation. In a recent revision, Baral et al. (2020) recognized a genetically distinct lineage, "*Orbilia* aff. *auricolor*", previously known from only three European herbarium specimens. Using ITS rDNA soil metabarcoding, we detected sequences with 100% identity to "*O.* aff. *auricolor*" (GenBank MK473421.1) in a deciduous forest of the Medobory Nature Reserve (Ukraine). This record expands the known distribution of the taxon and demonstrates the value of ITS-based metabarcoding for uncovering cryptic fungal diversity.

Рід *Orbilia* Fr. об'єднує сапротрофних, ксеротолерантних іноперкулятних дискоміцетів із дрібними плодовими тілами, що розвиваються на деревині, рештках трав'янистих рослин і в ґрунті. Деякі види, зокрема *Orbilia auricolor* (анаморфа – *Arthrobotrys oligospora*), здатні переходити до хижацького способу життя. За дефіциту азоту вони утворюють тривимірні клейкі гіфальні пастки для захоплення та перетравлення ґрунтових нематод (Niu, Zhang, 2011). Представники роду належать до окремого класу Orbiliomycetes.

Традиційна ідентифікація групи ускладнена через малі розміри та криптичне різноманіття. Хоча представники групи часто виявляються у ґрунтових зразках за допомогою метабаркодингу, значна частина таксонів досі не має валідних назв. Найґрунтовнішу сучасну ревізію роду здійснено Г.-О. Баралом та співавторами. У ній, зокрема, виокремлено групу зразків під умовною назвою "*Orbilia* aff. *Auricolor*", які морфологічно відповідають діагнозу *O. auricolor*, проте за молекулярними маркерами формують окрему кладу. Станом на час публікації було відомо лише три гербарні зразки цього таксону – із Сербії, Франції та Люксембургу (Baral et al., 2020).

У результаті метабаркодингового аналізу ґрунтових зразків нами було виявлено генетичний матеріал, що за ITS-регіоном рДНК на 100% відповідає еталонній послідовності "*Orbilia* aff. *Auricolor"* (GenBank MK473421.1). Зразок ґрунту було відібрано 10 серпня 2023 р. О. Ю. Акуловим та О. В. Романченком на території природного заповідника «Медобори» (Тернопільська обл., 49.369422°N, 26.101748°E) у листяному лісі з домінуванням дуба, ясена, граба та явора за слабко розвинених трав'янистого та чагарникового ярусів. Характеристика біотопу відповідає відомим екологічним преференціям таксону (Яцюк, 2017; Baral et al., 2020).

Отримані результати підтверджують ефективність ITS-метабаркодингу ґрунту для виявлення прихованого різноманіття грибів та розширюють уявлення про поширення нематодофагових видів у лісових екосистемах і їхню роль у ґрунтових мікробоценозах заповідних територій.

Роботу виконано в межах міжнародного проєкту Tracking Trade Across Symbiotic Networks за підтримки індивідуального гранта доцента О. В. Прилуцького (Human Frontier Science Program, ініціатива S4S) під керівництвом доцента О. Ю. Акулова.

Деблюк І., Кузьмішина І.

ДО ІСТОРІЇ ВИВЧЕННЯ ФІТОРІЗНОМАНІТТЯ КІВЕРЦІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ЦУМАНСЬКА ПУЩА»

Волинський національний університет імені Лесі Українки,
вул. Банкова, 9, корпус С, м. Луцьк, 43025, Україна; e-mail: ivanstudy53@gmail.com

Debliuk I., Kuzmishyna I. ON THE HISTORY OF THE TSUMANSKA PUSHCHA KIVERTSI NATIONAL NATURE PARK' PHYTODIVERSITY STUDY. Among the main aspects of phytodiversity of the Tsumanska Pushcha Kivertsi National Nature Park, the greatest attention is paid to the study of species diversity, which currently consists of 889 species and subspecies of vascular plants, the protection of cenopopulations of rare species, and to a lesser extent, ecosystem diversity.

Вивчення фіторізноманіття як сукупності усіх видів рослин, їхніх популяцій, угруповань та екосистем певної території є нагальною потребою сьогодення тому, що воно є важливою складовою біорізноманіття, забезпечуючи стійкість біосфери. Це стосується як поширених видів, так і рідкісних, що перебувають під загрозою та потребують захисту. В Україні фіторізноманіття активно досліджується і зберігається, зокрема в заповідних територіях, однією з яких є Ківерцівський національний природний парк «Цуманська пуща» (далі – Парк).

До створення Парку у 2010 р. згідно з Указом Президента № 203 від 22.02.2010 р. та наступної юридичної дії з його реєстрації 23.09.2015 р. у Єдиному державному реєстрі вивчення природи «Цуманської пущі» у минулому столітті були фрагментарними. Так співробітниками природничо-географічного факультету Луцького державного педагогічного інституту імені Лесі Українки, пізніше після реорганізації – біологічного факультету ВНУ за результатами проведених досліджень рослинного світу окремих ділянок підтримувалася ідея створення Парку. Слід відзначити праці О. А. Блажко з вивчення флори Парку (Блажко, 1997, 2000, 2004) – старшого викладача кафедри ботаніки, яка понад 30 років працювала у ВНУ і нині святкує 70-літній ювілей. Цінність її наукового доробку була відзначена у науково-практичних конференціях щодо необхідності створення комплексної природно-заповідної території, також у колективній монографії «Біорізноманіття Цуманської пущі…» (Андрієнко та ін., 2004). Фахівці Міжвідомчої комплексної лабораторії наукових основ заповідної справи Т. Л. Андрієнко, О. І. Прядко і В. А. Онищенко всебічно охарактеризували фіторізноманіття проєктованого резервату, наголосили на терміновій необхідності створення за зростання обсягів рубання цінної деревини та розгулу браконьєрства.

Нині в узагальнювальній праці О. О. Безсмертної зі співавторами (Безсмертна та ін., 2024) представлено короткий нарис історії 150-річних ботанічних досліджень Парку, починаючи від чеського дослідника K. Vandas, подано анотований список зі 889 видів і підвидів судинних рослин та здійснено всебічний аналіз парціальної флори Парку. Селекцію, насінництво та сучасний стан як елітних дерев, так і в цілому насаджень *Pinus sylvestris* L. у Волинській області вивчали співробітники кафедри лісового та садово-паркового господарства ВНУ (Войтюк, 1996; Войтюк та ін., 2020), проте відсутні публікації щодо досліджень в межах Парку. Раритетній компоненті флори й стану ценопопуляцій Парку загальнодержаваного та регіонального статусу протягом 2017–2019 рр. присвячено понад 30 публікацій його співробітників С. С. Штокало і С. О. Глінської, угрупованням Зеленої книги у Парку – колективна праця (Лико та ін., 2018). У циклі статей при вивченні біорізноманіття Парку у Цуманському лісництві описано флористичний склад та визначено угруповання чорновільшняка (Сухомлін та ін., 2022), дубового лісу (Зінченко О. та ін., 2023), ялинника (Труш та ін., 2023), березняка (Зінченко М. та ін., 2024) і сосняка (Дяків та ін., 2025).

Отже, подальше всебічне вивчення фіторізноманіття Парку потребує його детального картування та здійснення моніторингу для збереження унікального природного комплексу.

Донец А.,[1] Капець Н.[1,2,3]

НОВІ ВІДОМОСТІ ПРО ПОШИРЕННЯ ВИДІВ РОДУ *USNEA* DILL. EX ADANS. НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

[1]Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна; [2]Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України; [3]Дністровський регіональний ландшафтний парк ім. Сергія Дідича; e-mail: annadonec5@gmail.com

Donets A., Kapets N. NEW DATA ON DISTRIBUTION OF *USNEA* DILL. EX ADANS. SPECIES IN UKRAINIAN CARPATHIANS. The study presents new data on the distribution of the genus *Usnea* in the Ivano-Frankivsk region, including a new locality for the Red Book species *Usnea florida*. Field surveys and herbarium revisions (IF) also revealed the second Ukrainian record of the lichenicolous fungus *Biataropsis minuta*, found for the first time on the thallus of *Usnea hirta*.

Рід *Usnea* Dill. ex Adans. (Parmeliaceae, Lecanorales) об'єднує лишайники із кущистою, ниткоподібною сланню, що зазвичай утворює звисаючі або прямостоячі кущики (Nimis, 2026). В Україні налічує близько сорока видів, які переважно є епіфітами та приурочені до лісових масивів рівнинної й гірської місцевості. Усі вони відзначаються високою чутливістю до змін умов навколишнього середовища (Кондратюк та ін., 2021; Кондратюк, 2008). За рахунок низки особливостей будови слані, переважної відсутності плодових тіл та високої варіабельності біохімічного складу, уснеї вважаються доволі складним для визначення родом. На сьогодні відсутні дані щодо ревізії роду *Usnea* в межах України, тоді як дослідження його видового різноманіття і поширення окремих видів стають все більш актуальними у контексті змін клімату й посилення антропогенного тиску на природні екосистеми.

Впродовж 2025 р. нами проведено низку польових виїздів та опрацьовано зразки роду *Usnea* із фондів Гербарію Карпатського національного Університету ім. В. Стефаника (IF), у результаті чого виявлено нові місцезростання низки видів в межах Івано-Франківської області. На основі отриманих даних складено попередній анотований список нових локалітетів представників цього роду, який включає місцезростання занесеного до Червоної книги України виду *Usnea florida* (L.) F. H. Wigg. Цінність цих даних обумовлена тим, що востаннє вид був зареєстрований на цій території близько 10 років тому. Також у ході польових досліджень та опрацювання зібраних зразків нами виявлено друге для України місцезростання ліхенофільного гриба *Biataropsis minuta* Millanes, Diederich, M. Westb. & Wedin (Донец, Капець, 2025). Ця знахідка є першою для території нашої країни фіксацією цього гриба на слані доволі поширеного у Карпатах виду *Usnea hirta* (L.) F. H. Wigg. Цього разу вид знайдено в масиві Малі Ґорґани (Надвірнянський р-н., Івано-Франківська обл.), в околицях сіл Поляниця і Татарів (урочище Ільма). Це дозволяє припустити, що у майбутньому на території Українських Карпат може бути виявлено суттєво більше місцезростань цього ліхенофільного гриба.

Дуберчак Д., Герц Н.

АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНА БУДОВА ЛИСТКІВ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО (*MISCANTHUS* × *GIGANTEUS* J.M.GREEF & DEUTER EX HODK. & RENVOIZE)

Тернопільський національний університет імені Володимира Гнатюка, вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль, 46000, Україна; e-mail: duberchak.d@gmail.com

Duberchak D., Herts N. LEAF ANATOMY AND MORPHOLOGY OF *MISCANTHUS* × *GIGANTEUS* J.M.GREEF & DEUTER EX HODK. & RENVOIZE. This study reviews the anatomical and morphological features of *Miscanthus* × *giganteus*, highlighting its high potential as a sustainable energy crop. The plant was found to develop 16–20 large lanceolate leaves per shoot, characterized by a thick cuticle and high stomatal density for environmental adaptation. A key discovery is the presence of specialized bull-shaped cells that regulate water balance by curling the leaf during drought to minimize moisture loss. In addition, leaf structure exhibits "Krantz anatomy" and undifferentiated mesophyll, which are typical for efficient C4 photosynthesis and high biomass productivity. These results demonstrate the significant anatomical plasticity of the plant and its ability to thrive under various stress conditions. Overall, the study confirms the taxonomic features and adaptive mechanisms that make *Miscanthus* × *giganteus* effective for bioenergy and phytoremediation.

Детальне вивчення анатомо-морфологічних особливостей міскантуса гігантського важливе для розширення можливостей його використання. Це перспективна енергетична культура. Міскантус гігантський має високу врожайність, стійкість до стресових умов та ефективний для фіторемедіації забруднених територій.

У ході досліджень встановлено основні морфологічні та анатомічні особливості *Miscanthus* × *giganteus*. Висота пагонів коливається від 1,5 до 5 м, найчастіше становить 3,9–4,3 м. На кожному пагоні формується 16–20 лінійних листків площею 120–160 см², довжиною 0,5–1 м і шириною 1–2,1 см. Листки ланцетоподібні, з паралельним жилкуванням, ізолатеральною будовою та звуженими, волосоподібними кінчиками у зрілому віці.

Продихи належать до парацитного типу, амфістоматичні, з щільністю 180–400 на 1 мм². Їх довжина становить 33,9–35,3 мкм, ширина 7,5–18,8 мкм. Епідерма листків має чітко виражену кутикулу, продихові камери та сосочкуватий рельєф верхньої поверхні, що свідчить про високу адаптованість рослини до умов середовища і підтверджує її потенціал як енергетичної культури.

Ще однією важливою анатомічною адаптацією є наявність буліформних клітин, розташованих групами у верхньому епідермісі вздовж жилок. Вони більші за інші епідермальні клітини та мають тонкі стінки. Ці клітини здатні змінювати об'єм залежно від кількості води в них, що дозволяє регулювати водний баланс: за достатньої вологи листок розправлений, а за водного стресу – скручується, зменшуючи площу випаровування. Таким чином, буліформні клітини відіграють ключову роль у пристосуванні до посушливих умов.

У *Miscanthus* × *giganteus* мезофіл листка не диференційований на палісадну і губчасту тканини, що забезпечує рівномірне поглинання та розсіювання світла й сприяє ефективному фотосинтезу. Крім того, рослина характеризується наявністю кранц-анатомії, типової для С4-рослин: навколо провідних пучків розташовані клітини обкладки з високою концентрацією хлоропластів, які забезпечують ефективну фіксацію CO_2 та зменшення його втрат за високих температур.

Отримані результати свідчать про високу анатомічну пластичність листка *Miscanthus* × *giganteus*, його здатність адаптуватися до змін умов навколишнього середовища та забезпечувати високу продуктивність. Також підтверджено таксономічну приналежність виду та охарактеризовано його ключові морфологічні особливості.

Заблоцький А., Згонник М.

ПЕРША ЗНАХІДКА ГРИБА *SAREA DIFFORMIS* У ХВОЙНИХ ЛІСАХ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «СИНЬОГОРА» ЗА ДАНИМИ ITS-МЕТАБАРКОДИНГУ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: azablockij04@gmail.com

Zablotskyi A., Zghonnyk M. FIRST RECORD OF THE FUNGUS *SAREA DIFFORMIS* IN CONIFEROUS FORESTS OF THE SYNIOHORA NATIONAL NATURE PARK BASED ON ITS-METABARCODING DATA. *Sarea difformis* (Fr.) Fr. is a resinicolous ascomycete that develops on resin of coniferous trees in coniferous forests and is currently placed in the distinct class Sareomycetes. Using ITS rDNA metabarcoding, we detected this species in the Ukrainian Carpathians. Although *S. difformis* has previously been reported from the Carpathian region, this finding represents the first record based on environmental DNA obtained from a soil sample.

Резинофільні (resinicolous) сумчасті гриби становлять вузькоспеціалізовану екологічну групу, представники якої розвиваються на смолі хвойних рослин. Одним із найчастіше згадуваних таксонів цієї групи є рід *Sarea*, проте закономірності його поширення досі залишаються вивченими недостатньо та нерівномірно. Це зумовлено насамперед дрібними розмірами плодових тіл, специфічністю субстрату та складністю їх виявлення під час традиційних польових досліджень.

Типовий вид роду – *Sarea difformis* (Fr.) Fr. був описаний Е. Фрізом у 1822 році як *Peziza difformis*, але невдовзі перенесений до окремого роду *Sarea*. Вид характеризується формуванням дрібних чорних апотеціїв, що розвиваються на застиглій смолі хвойних дерев, яка витікає з пошкоджень стовбурів. Сучасні молекулярно-філогенетичні дослідження підтвердили належність *S. difformis* до окремого класу Sareomycetes, а також виявили наявність прихованого різноманіття серед резинофільних дискоміцетів.

За даними GBIF, вид *Sarea difformis* широко представлений у Європі, при цьому більшість записів базується на морфологічно підтверджених знахідках плодових тіл. В Україні вид уперше виявив О. Ю. Акулов в Українських Карпатах – на території природного заповідника «Ґорґани», Карпатського біосферного заповідника та Карпатського національного природного парку (на живиці *Picea abies* та *Abies alba*).

У результаті метабаркодингового аналізу зразка ґрунту з території НПП «Синьогора», відібраного 5 серпня 2023 року О. Ю. Акуловим та М. О. Згонником (48.614192°N, 24.159816°E), нами зафіксовано присутність *Sarea difformis*. Генетичний матеріал гриба виявлено в ялицевому лісі з незначною домішкою *Fagus sylvatica* на траверсі гори Плаєкова Клива. Ідентифікація ґрунтується на подібності отриманої нуклеотидної послідовності ITS-регіону рДНК до референтних послідовностей, представлених у базах даних GenBank та UNITE.

Отримані результати узгоджуються з відомими екологічними особливостями *Sarea difformis*, проте є першою реєстрацією виду на підставі аналізу екологічної ДНК із ґрунтового зразка. Це свідчить про перспективність застосування молекулярних підходів для документування резинофільних аскоміцетів, які нечасто фіксуються традиційними методами польової мікології.

Роботу виконано в межах міжнародного проєкту Tracking Trade Across Symbiotic Networks *за підтримки індивідуального гранта доцента О. В. Прилуцького (Human Frontier Science Program, ініціатива S4S) під науковим керівництвом доцента О. Ю. Акулова.*

Заплюсвічка А., Зайцева І.

ОЦІНКА ЛАНДШАФТНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ НАСАДЖЕНЬ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКЛАДУ КУЛЬТУРИ ГРОМАДСЬКОГО ЦЕНТРУ М. КАМ'ЯНСЬКЕ

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Науки, 72, м. Дніпро, 49045, Україна; e-mail: geormarfa@gmail.com

Zaplyusvichka A., Zaytseva I. ASSESSMENT OF THE LANDSCAPE PLANNING STRUCTURE OF PLANTINGS ON THE TERRITORY OF THE CULTURAL INSTITUTION OF THE PUBLIC CENTER OF KAM'IANSKE. The landscape and planning structure of the theater square in Kamianske is a classic example of the regular style of a public center. The prospects for the reconstruction of the facility are to preserve existing plantings (pines, shaped hedges of spirea, spherical thuja), remove emergency trees and introduce environmentally sustainable perennials and contrasting forms of junipers. This will allow to restore the aesthetic appeal of the cultural institution's territory and adapt the plantings to complex urban-ecological conditions.

Зелені насадження, що формують простір навколо закладів культури (театрів, музеїв), виконують особливу роль у структурі міського ландшафту (Honcharenko, 2024). Окрім традиційних санітарно-гігієнічних та кліматорегулюючих функцій, вони несуть високе естетичне та репрезентативне навантаження, підкреслюючи монументальність архітектурних споруд. У промислових містах, таких як м. Кам'янське, урбофітоценози громадських центрів перебувають під постійним пресингом негативних чинників, що призводить до втрати декоративності та потребує впровадження науково обґрунтованих заходів з реконструкції (Власенко, 2025).

Метою нашого дослідження було проведення комплексної оцінки ландшафтно-планувальної структури та існуючого стану зелених насаджень скверу Академічного музично-драматичного театру ім. Лесі Українки в м. Кам'янське. Дослідження проводили маршрутно-візуальним методом з урахуванням таксаційних та еколого-біологічних показників дендрофлори. Встановлено, що ландшафтно-планувальна структура скверу має чітко виражений регулярний (геометричний) характер. Вісь симетрії підпорядкована головному фасаду будівлі театру, а перепади рельєфу оформлені за допомогою підпірних стінок та сходів. Озеленення представлене партерними зонами, а також солітерними і груповими посадками дерев та чагарників. Натурне обстеження засвідчило наявність сформованої та цінної в дендрологічному відношенні основи. Вертикальну структуру композиції формують групові посадки сосни звичайної «Екстра» (*Pinus sylvestris "Extra"*). Важливим інструментом зонування простору є існуючі формовані живоплоти зі спіреї (*Spiraea vanhouttei (Briot) Zab.*), що створюють геометричний рисунок скверу. Естетичне наповнення партерів доповнюється наявними кущами троянд, які виступають яскравими кольоровими акцентами. Також високу декоративну цінність мають кулясті форми туї західної: *Thuja occidentalis 'Globosa'* та *T. occidentalis 'Danica'*. Поряд із позитивними рисами, аналіз виявив низку проблем, що потребують вирішення шляхом реконструкції. Зафіксовано наявність старовікових дерев із серцевинною гниллю та дуплами, які становлять аварійну небезпеку для відвідувачів. У деяких секторах спостерігається надмірне загущення груп ялини, що спричиняє конкуренцію та втрату хвої у нижній частині крон. У партерних зонах відмічено порушення цілісності композицій через використання нестійких однорічних квіткових культур, які швидко втрачають декоративність в умовах перегріву попри періодичні поливи, яких недостатньо для підтримання життєздатності рослин. З огляду на екологічні умови міського середовища та архітектурну стилістику об'єкта, розроблено перспективи реконструкції насаджень. Для розв'язання проблеми втрати декоративності партерів запропоновано відмовитися від однорічників на користь стійких до посухи та загазованості багаторічних ксерофільних видів, зокрема представників *Lavandula* L., *Festuca* L. Головною ідеєю є збереження та підкреслення регулярного стилю з одночасним впровадженням концепції «малодоглядного» озеленення (low-maintenance).

Згонник М.

ПЕРША В УКРАЇНІ ЗНАХІДКА ГІПОГЕЙНОГО ГРИБА *ELAPHOMYCES GEMINUS* З ТЕРИТОРІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «СИНЬОГОРА» ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ITS-МЕТАБАРКОДИНГУ ҐРУНТУ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: m.zghonnyk@gmail.com

Zghonnyk M. First Record of the Hypogeous Fungus *ELAPHOMYCES GEMINUS* in Ukraine from the Territory of the Synevyr National Nature Park Based on ITS Soil Metabarcoding. *Elaphomyces geminus* is a recently described hypogeous ectomycorrhizal fungus known from Sweden and a single record from the United States. Using ITS-based soil metabarcoding, we detected this species in a montane mixed forest of the Ukrainian Carpathians. The obtained ITS sequence showed 100% identity to the reference sequence of the type material. The record originates from a beech–fir forest with well-developed moss cover, differing from the original Swedish locality under *Quercus robur*. This finding extends the known distribution of *E. geminus* to Central-Eastern Europe and suggests that its actual range may be broader than currently documented.

Гіпогейні аскові гриби роду *Elaphomyces* є важливою, проте недостатньо вивченою складовою ектомікоризних угруповань лісів помірної зони. Підземний розвиток аском істотно ускладнює їх виявлення та документування традиційними методами, що зумовлює фрагментарність даних про поширення та екологічну амплітуду видів. Сучасні ревізії роду показали, що морфологічно подібні зразки можуть належати до різних філогенетичних ліній, тому інтеграція морфологічних і молекулярних ознак, зокрема аналіз ITS-регіону рДНК, є необхідною умовою надійної діагностики (Paz et al., 2017).

Elaphomyces geminus був описаний M. Jeppson та E. Larsson у 2022 році в журналі *Fungal Planet* (*Persoonia*) на підставі поєднання морфологічних характеристик аском і спор із результатами філогенетичного аналізу ITS-регіону. Голотип (GB 0207643) зібрано в провінції Bohuslän (Швеція) під *Quercus robur* (Jeppson & Larsson, 2022; Index Fungorum, 2022). Вид формує підземні кулясті аскоми з багатошаровим перидієм і темно-коричневими кулястими аскоспорами. За даними глобальних реєстрів біорізноманіття, наразі відомі лише дві підтверджені знахідки виду – зі Швеції та США (GBIF, 2024).

У результаті метабаркодингового аналізу зразків ґрунту нами виявлено генетичний матеріал *Elaphomyces geminus* в Українських Карпатах (Івано-Франківська обл., НПП «Синьогора», 48.671472°N, 24.243185°E). Ідентифікацію здійснено на основі аналізу ITS-регіону рДНК. Отримана послідовність демонструє 100% подібність до референтної послідовності типового матеріалу *E. geminus*.

Зразки ґрунту було відібрано у серпні 2023 року в буково-ялицевому лісі на схилах уздовж р. Бистриця Солотвинська. Деревостан представлений *Fagus sylvatica* з домішкою *Abies alba*, *Picea abies* та *Acer pseudoplatanus*. Для ділянки характерні гірський мікроклімат і добре розвинений моховий покрив. Карпатська знахідка пов'язана з іншим типом лісу, ніж типова шведська з-під *Quercus robur*, що може свідчити про ширшу екологічну амплітуду виду. Наявність просторово віддалених локалітетів у Північній Європі, Північній Америці та Центрально-Східній Європі дозволяє припускати, що реальний ареал *E. geminus* є значно ширшим, ніж це відображено в обмеженій кількості задокументованих знахідок, а сучасна представленість виду в реєстрах радше відображає рівень дослідженості гіпогейних грибів.

Роботу виконано в межах міжнародного проєкту Tracking Trade Across Symbiotic Networks *за підтримки індивідуального гранта доцента О. В. Прилуцького (Human Frontier Science Program, ініціатива S4S) під науковим керівництвом доцента О. Ю. Акулова.*

Качан Д.

НОВІ ЗНАХІДКИ ГРИБА *GEOPORA TENUIS* В УКРАЇНІ ВИЯВЛЕНІ МЕТОДОМ МЕТАБАРКОДИНГУ ITS-РЕГІОНУ рДНК У ЗРАЗКАХ ҐРУНТУ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: kachandaria@gmail.com

Kachan D. NEW RECORDS OF THE FUNGUS GEOPORA TENUIS IN UKRAINE REVEALED BY ITS rDNA REGION METABARCODING OF SOIL SAMPLES. *Geopora tenuis* (Fuckel) T. Schumach. is a hypogeous ascomycete that is often overlooked due to its subterranean development and morphological similarity to related taxa. Using ITS rDNA metabarcoding of soil samples, we detected the species in deciduous forests of the Medobory Nature Reserve and Syniohora National Nature Park (Ukraine). The identification was confirmed by 100% sequence similarity with GenBank references. These records expand the known distribution of *G. tenuis* in Ukraine and demonstrate the value of environmental DNA approaches for revealing cryptic fungal diversity.

Гіпогейні та напівгіпогейні сумчасті гриби з роду *Geopora* Harkn. (Pyronemataceae, Pezizales) є доволі поширеними ектомікоризними симбіонтами деревних рослин у лісах, однак через розвиток аском у ґрунті їх різноманіття часто недооцінюється. Їх надійна ідентифікація потребує застосування молекулярних методів, зокрема аналізу ITS-регіону рДНК (Paz et al., 2017).

Вид *Geopora tenuis* (Fuckel) T. Schumach. був уперше описаний у XIX столітті під назвою *Humaria tenuis* Fuckel, однак його систематичне положення уточнено лише відносно нещодавно. Він формує невеликі (1–2 см) чашоподібні або кулясті апотеції, які на ранніх стадіях розвитку майже замкнені й занурені в субстрат. Зовнішня поверхня плодових тіл вкрита довгими коричневими волосками; спори еліпсоїдні, гладенькі. Вид поширений у лісах помірної зони Європи, проте частина історичних знахідок потребує молекулярної верифікації. Крім того, його зразки інколи помилково визначають як *Humaria hemisphaerica* (Tamm et al., 2010). За даними GBIF, відомо близько 700 зареєстрованих знахідок виду (GBIF, 2026), а в Україні його раніше зазначали лише із Західного Полісся (Світ грибів України, 2026).

У результаті метабаркодингового аналізу ми виявили генетичний матеріал *G. tenuis* у зразках ґрунту з Природного заповідника «Медобори» (Тернопільська обл.) та Національного природного парку «Синьогора» (Івано-Франківська обл.). Зразки було відібрано в листяних лісах у серпні–вересні 2023 р. О. Ю. Акуловим та М. О. Згонником. Ідентифікацію підтверджено шляхом порівняння ITS-послідовностей рДНК із референтними даними GenBank, для яких рівень подібності становив 100%.

Широкий географічний діапазон відомих локалітетів *G. tenuis* у межах Європи дозволяє припустити, що є поширеним, але малодокументованим компонентом мікобіоти України, виявлення якого потребує більшої уваги мікологів.

Роботу виконано в межах міжнародного проєкту Tracking Trade Across Symbiotic Networks за підтримки індивідуального гранта доцента О. В. Прилуцького (Human Frontier Science Program, ініціатива S4S) під керівництвом доцента О. Ю. Акулова.

Космірак В.[1,2], **Капець Н.**[1,2,3]

ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ЛІХЕНОБІОТИ ВОДОСПАДУ РОЗТОКА (ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА ОБЛАСТЬ) ТА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ

[1]Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна; [2]Дністровський регіональний ландшафтний парк ім. Сергія Дідича; [3]Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України; e-mail: viktoriia.kosmirak.22@pnu.edu.ua

Kosmirak V., Kapets N. PRELIMINARY RESULTS OF THE LICHEN BIOTA STUDY OF THE ROZTOKA WATERFALL (IVANO-FRANKIVSK REGION) AND ADJACENT TERRITORIES. This study presents preliminary results of the lichen biota inventory in the Roztoka waterfall area (Ivano-Frankivsk region). A total of 36 species of lichens and lichenicolous fungi were identified. Notably, the epiphytic lichen *Physciella chloantha* and the lichenicolous fungus *Arthonia phaeophysciarum* are reported as new records for the region. These data provide a scientific baseline for future ecological monitoring and biodiversity conservation of the study area.

Лишайники є важливою та невід'ємною ланкою навколишнього середовища, що виступають індикаторами стану довкілля та першовідкривачами екстремальних екологічних ніш. Незважаючи на їхнє значення, ліхенобіота малих регіонів України залишається недостатньо вивченою.

Метою нашого дослідження було вивчення видового складу та систематичної структури ліхенобіоти в околицях водоспаду Розтока та прилеглих до нього територій.

Дослідження проводилося поблизу каскадного водоспаду Розтока, що розташований у селі Пасічна Надвірнянського району Івано-Франківської області, на висоті близько 550 метрів над рівнем моря. Було здійснено польовий збір зразків, фотоспостереження та GPS-фіксацію локалітетів видів із завантаженням даних у застосунок iNaturalist. Визначення видів здійснювалося в лабораторних умовах за допомогою стереоскопічного мікроскопа, методу мікроскопічних зрізів та проведення хімічних тестів на поверхні слані.

За результатами камеральної обробки зібраних зразків було виявлено та визначено 36 видів лишайників та ліхенофільних грибів, які належать до відділу *Ascomycota*, 2 класів (*Lecanoromycetes* та *Arthoniomycetes*), 7 порядків, 11 родин і 25 родів. Таксономічний аналіз показав, що найбільшою за кількістю видів є родина *Parmeliaceae*, яка налічує 12 видів із 10 родів (33,3% від загальної кількості). Другою за представленістю є родина *Physciaceae* – 9 видів із 5 родів (25,0%). Інші родини представлені меншою кількістю таксонів: *Lecanoraceae* (4 види), *Teloschistaceae* (3 види), *Graphidaceae* (2 види), а решта родин містять лише по 1 виду. За типом слані в ліхенобіоті досліджуваної території домінують листуваті форми – 23 види (62,2%). Накипні лишайники представлені 11 видами (29,7%), кущисті та лепрозні форми – по 1 виду (по 2,7%). Також зафіксовано 1 вид ліхенофільного гриба (2,7%).

Особливої уваги заслуговують нові знахідки для території Івано-Франківської області: листуватий епіфітний лишайник *Physciella chloantha*; ліхенофільний гриб *Arthonia phaeophysciarum*, який було зафіксовано на таломі *Ph. chloantha*. Ці знахідки розширюють сучасні уявлення про поширення вказаних видів у межах України.

Територія поблизу водоспаду Розтока характеризується високим таксономічним різноманіттям ліхенофлори. Зібрані зразки поповнили гербарій Карпатського національного університету ім. Василя Стефаника (IF), що створює базу для майбутнього екологічного моніторингу цієї території та порівняльних досліджень змін природних екосистем регіону. Виявлення нових для області видів свідчить про доцільність подальших ліхенологічних обстежень гірських масивів Карпат.

Лисковець А., Прокопів А.

DARWIN CORE ЯК ОСНОВА СТАНДАРТУ ІНТЕГРАЦІЇ ДАНИХ РОСЛИННИХ КОЛЕКЦІЙ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail:anatolii.lyskovets@lnu.edu.ua

Lyskovets A., Prokopiv A. DARWIN CORE AS THE FOUNDATION STANDARD FOR THE INTEGRATION OF PLANT COLLECTION DATA. The biodiversity database structures taxonomic and provenance data of living plant collections in accordance with international standards. Integration is achieved through conceptual alignment with the Darwin Core standard, transforming local fields into interoperable terms such as scientific Name and catalog Number. This approach enables standardized data exchange and publication through global infrastructures such as GBIF.

База даних покликана забезпечити структуроване зберігання інформації про таксономічний склад, походження, інтродукційні характеристики та інші параметри рослин. Водночас однією з ключових задач є забезпечення сумісності локальних даних із міжнародними стандартами обміну інформацією про біорізноманіття.

Живі колекції рослин вимагають обліку різнорідної інформації, включно з таксономічними назвами подається інформація про походження рослинного матеріалу, часу надходження, успішності інтродукції, розташування в колекціях, інвентарні номери та інші характеристики. Частина цих даних формувалася протягом тривалого історичного періоду, що сьогодні зумовлює агрегацію різних облікових даних в одному форматі.

Підготовка даних про колекцію передбачає інвентаризацію, уніфікацію термінології, верифікацію таксономічних назв відповідно до сучасних номенклатурних вимог та перевірку повноти записів. Ключова інформація про таксон розмежована з характеристиками окремих екземплярів колекції.

Важливим етапом інтеграції є приведення локальної моделі даних до стандарту Darwin Core, який успішно використовується для опису даних біорізноманіття і забезпечує їхню інтероперабельність. Для живих колекцій рослин особливо важливо правильно співвіднести наявні поля з відповідними значеннями (термінологією), яка застосовується у стандарті.

Відповідно, локальне поле «назва виду» трансформується у scientific Name, що відображає повну наукову назву таксона, а поле «автор назви» відповідає scientific Name Authorship. Інформація про тип об'єкта (жива рослина) може бути відображена через basis Of Record, що уточнює характер запису.

Процес трансформації передбачає концептуальне узгодження змісту локальних даних із логікою Darwin Core. Важливо забезпечити коректне розділення таксономічної інформації, даних про подію (event) і власне облікового запису. Це дозволяє уникнути змішування різних рівнів опису та підвищує якість інтеграції.

Застосування Darwin Core у структурі бази живих колекцій рослин має кілька переваг. По-перше, дозволяє уніфікувати опис рослин відповідно до міжнародних вимог. По-друге, забезпечує можливість подальшого обміну даними без суттєвої додаткової обробки. По-третє, створює підґрунтя для порівняльних досліджень та біогеографічного аналізу.

У перспективі приведення даних живих колекцій Ботанічного саду до стандарту Darwin Core відкриває можливість їхнього оприлюднення через глобальні інфраструктури обміну інформацією про колекції рослин Ботанічного саду, зокрема у мережі GBIF.

Мацяк Я., Начичко В.

ХРОМОСОМНІ ЧИСЛА ДЕЯКИХ ВИДІВ РОДИНИ LAMIACEAE ФЛОРИ ЛЬВОВА (УКРАЇНА)

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: yaryna.matsiak@lnu.edu.ua

Matsiak Y., Nachychko V. CHROMOSOME NUMBERS OF SOME LAMIACEAE SPECIES IN THE FLORA OF LVIV CITY (UKRAINE). The study presents sporophytic (2*n*) and/or gametophytic (*n*) chromosome numbers counted for nine species of the mint family, which are natively distributed in Lviv city.

Родина Lamiaceae Martinov характеризується низкою проблемних для систематики таксонів, для яких властиві високий рівень поліморфізму, процеси гібридизації, поліплоїдія та прояв явища жіночої дводомності (Harley et al., 2004). Водночас, завдяки вмісту ефірних олій представники цієї родини мають вагоме практичне значення і застосовуються у медицині, фармакології, парфумерії, косметичній та харчовій промисловості (Majid, Grewal, 2024). Все це робить актуальними комплексні дослідження губоцвітих з використанням різноманітних методів і підходів. Одним із таких методів є з'ясування хромосомних чисел для таксонів у різних частинах їхніх ареалів. Він дає змогу вирішувати питання систематики та ідентифікації у проблемних групах рослин, виявляти місця походження і напрямки міграції видів, а також прогнозувати поведінку рослин в умовах антропогенних змін середовища існування (Martin et al., 2022; Majid, Grewal, 2024; Pliszko et al., 2024). Втім, попри важливість цього методу, даних стосовно хромосомних чисел видів родини Lamiaceae з різних територій є недостатньо. Зокрема, для флори Львова на сьогодні опубліковані відомості про числа хромосом лише одного виду з цієї родини (*Salvia glutinosa* L.: *n* = 8, 2*n* = 16; Marhold et al., 2019). Тому метою дослідження було з'ясувати хромосомні числа для деяких видів губоцвітих, природно поширених на території міста.

Спостереження хромосом та підрахунок їхньої кількості здійснювали на тимчасових давлених препаратах кореневих меристем (2*n*) та/або материнських клітин мікроспор (*n*), отриманих з незрілих пиляків бутонів квіток (Darlington, La Cour 1962; Yeung et al., 2015). Матеріал для дослідження (додаткові корені, бутони) відбирали у польових умовах з живих рослин або отримували шляхом лабораторного пророщування зібраного з них насіння (корені проростків). Для контролю правильності ідентифікації видів, одночасно зі збором матеріалу/насіння були закладені гербарні зразки відповідних рослин. Бутони квіток одразу фіксували у суміші етанолу (96%) і льодяної оцтової кислоти (3:1, V/V) впродовж 24 год за кімнатної температури. Корені ж піддавали попередній обробці 0,002 М розчином 8-гідроксихіноліну тривалістю 4 год, та фіксували у суміші етанолу (96%) і льодяної оцтової кислоти впродовж 4 год за кімнатної температури. Після фіксації матеріал переносили в розчин етанолу (70%) і зберігали у холодильнику до моменту опрацювання. Безпосередньо перед виготовленням препаратів корені або отримані з бутонів квіток пиляки піддавали гідролізу в 1н розчині хлоридної кислоти при 60°С впродовж 10 хв, та фарбували барвником Фьольгена протягом 1 год 15 хв за кімнатної температури, у темряві (Yeung et al., 2015). В ході дослідження з'ясовані хромосомні числа для представників наступних видів: *Ballota nigra* L. (2*n* = 20), *Clinopodium vulgare* L. (2*n* = 20), *Galeopsis pubescens* Besser (2*n* = 16), *Lamium album* L. (*n* = 9), *L. galeobdolon* (L.) *L.* (2*n* = 18), *L. maculatum* (L.) *L.* (*n* = 9, 2*n* = 18), *L. purpureum* L. (2*n* = 18), *Salvia glutinosa* (2*n* = 16), *Teucrium chamaedrys* L. (2*n* = 60). Більшість з досліджених видів є диплоїдами з базовими хромосомними числами (*x*) 8, 9 і 10 відповідно, тоді як *T. chamaedrys – тетраплоїд з базовим хромосомним числом 15.* При цьому найбільші за розміром мітотичні хромосоми виявлені у *S. glutinosa* (1,9–5,0 мкм), а найменші – у *T. chamaedrys* (1,0–1,8 *мкм*). Загалом з'ясовані числа хромосом відповідають таким, що наводяться для представлених видів з інших територій (CCDB, 2026). Зокрема, для *T.* chamaedrys, для якого відомі кілька хромосомних чисел (CCDB, 2026), у флорі Львова нами підтверджено цитотип 2n = 60. Для з'ясування хромосомних чисел та особливостей організації каріотипів інших видів *Lamiaceae* необхідні подальші цитогенетичні дослідження.

Птуха А.

ПЕРША В УКРАЇНІ ЗНАХІДКА ГІПОГЕЙНОГО ГРИБА *PROTOGLOSSUM NIVEUM* ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ITS-МЕТАБАРКОДИНГУ ЗРАЗКІВ ҐРУНТУ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: ptuhartem3@gmail.com

Ptukha A. FIRST RECORD OF THE HYPOGEOUS FUNGUS *PROTOGLOSSUM NIVEUM* IN UKRAINE BASED ON ITS SOIL METABARCODING. *Protoglossum niveum* is a rare hypogeous ectomycorrhizal fungus. Using ITS-based soil metabarcoding, we detected this species for the first time in Ukraine within the Ternopil region. The sequences obtained showed 100% identity with *Protoglossum niveum* (as *Hymenogaster niveus*, KU878613.1). The study demonstrates the efficiency of metabarcoding for detecting cryptic fungal diversity that is difficult to find and identify via sporocarps.

Рід *Protoglossum* Massee – таксон із динамічною номенклатурною історією. З моменту опису до нього в різні часи включали загалом 9 видів. Проте внаслідок наступних ревізій більшість із них були рекласифіковані, наразі рід вважається монотипним і містить лише один вид – *Protoglossum niveum*. Спроби встановлення філогенетичних взаємовідносин між видами даної групи спиралися на комплекс макро- та мікроморфологічних ознак, проте це виявилося ненадійним через значну кількість видів із подібними характеристиками. У минулому це стало причиною кількох суттєвих реорганізацій даного та споріднених таксонів (Vidal, 2002). Запровадження методів молекулярної філогенетики призвело до суттєвого перегляду багатьох видових комплексів та опису нових таксонів.

Вид *Protoglossum niveum* (Vittad.) T. W. May уперше був описаний як *Hymenogaster niveus* Vittad. (Vittadini, 1831). Сучасну номенклатурну комбінацію запропоновано у 1995 році за результатами таксономічної ревізії, опублікованої в журналі Muelleria (May, 1995). Екологічно вид приурочений до листяних лісів помірної зони. Голотип виду було зібрано з ґрунту в дубовому лісі поблизу Мілана (регіон Тічино, Італія) у весняно-літній період. База даних GBIF містить інформацію про 246 знахідок виду на території Північної Півкулі, переважно з країн Європи (GBIF, 2026). В Україні вид відомий за єдиною неверифікованою знахідкою міколога-аматора С. Оріненка з околиць м. Київ (Гриби України, 2025).

У результаті метабаркодингового аналізу зразків ґрунту нами вперше виявлено генетичний матеріал *Protoglossum niveum* в Україні. Зразок було відібрано О. Ю. Акуловим 3 серпня 2023 року на межі Національного природного парку «Дністровський каньйон», а саме у дубово-грабовому лісі на території ботанічної пам'ятки природи «Заліщицька діброва в Шутроминцях» (ліс на південь від с. Шутроминці Тернопільської області з дуба скельного віком 60-130 р. з домішкою граба, скельні виходи на лівому березі Дністра (Тернопільська обл., 48,826343°N, 25,505977 °E)).

На основі пошуку megablast у базі даних нуклеотидів NCBI GenBank, найближчі збіги з використанням послідовності ITS мали найвищу подібність до *Hymenogaster niveus* [= *Protoglossum niveum* (Vittad.)] (GenBank KU878613.1; Identities = 601/601 (100%)) та *Hymenogaster latisporus* (GenBank NR_197566.1; Identities = 604/608 (99,41%)).

Наша знахідка узгоджується з екологічною приуроченістю виду, оскільки пов'язана з широколистяними деревними угрупованнями, які є потенційними мікоризними партнерами *P. niveum*. Виявлення цього таксона в Україні розширює його відомий ареал та підтверджує ефективність методу ITS-метабаркодингу ґрунту для доповнення інформації про біорізноманіття гіпогейних грибів, знаходження й ідентифікація яких за плодовими тілами є ускладненою.

Роботу виконано в межах міжнародного проєкту Tracking Trade Across Symbiotic Networks за підтримки індивідуального гранта доцента О. В. Прилуцького (Human Frontier Science Program, ініціатива S4S) під науковим керівництвом доцента О. Ю. Акулова.

Терлецький І., Капець Н.

ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА СТАН ПОПУЛЯЦІЙ *SQUAMARINA LENTIGERA (WEBER) POELT* В УМОВАХ БУРШТИНСЬКОГО ОПІЛЛЯ

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника,
вул. Галицька, 201 Б, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна; e-mail: ivan.terletskyi.22@pnu.edu.ua

Terletskyi I., Kapets N. ECOLOGICAL AND COENOTIC FEATURES AND POPULATION STATUS OF *SQUAMARINA LENTIGERA (WEBER) POELT* IN THE CONDITIONS OF BURSHTYN OPILLIA. Steppe ecosystems of Western Ukraine are relict in nature and have been preserved primarily as fragmented patches on specific geomorphological formations – erosional remnants (locally known as "hovdy"). Epigeic and epilithic lichens represent a crucial biodiversity component of these extrazonal ecotopes (Kondratyuk, Martynenko, 2006). A species of particular sozological value is Squamarina lentigera (Weber) Poelt – a rare stenotopic species of arid zones, listed in the Red Data Book of Ukraine under the status "Vulnerable" (Didukh, 2009). The aim of our study was to determine the eco-coenotic characteristics and to map the localities of *S. lentigera* within the Burshtyn Opillya region.

Наші дослідження проводилися протягом вегетаційного періоду 2025 року у Галицькому районі (Бурштинське Опілля) Івано-Франківської області. Використовувались маршрутно-експедиційні, геоботанічні та анатомо-морфологічні методи (зокрема, світлова мікроскопія для вимірювання коркових шарів та спор) (Окснер, 2010; Smith et al., 2009).

Нами встановлено, що в умовах Бурштинського Опілля *S. lentigera* є яскраво вираженим облігатним кальцефілом, ксерофітом та геліофітом. Вид жорстко приурочений до малопотужних щебенистих дерново-карбонатних ґрунтів (рендзин) із високолужною реакцією середовища (pH 7,5–8,5). Фітоценотично *S. lentigera* виступає діагностичним індикатором реліктових петрофітних степових угруповань союзу *Toninion sedifoliae*. Морфологічно вид формує великі плакодіоїдні розетки діаметром 3–5 см. Наявність добре розвиненої нижньої кори (товщиною 20–40 мкм) та пучків світлих ризин дозволяє лишайнику надійно закріплюватися на субстратах. У ксеротермних умовах крутих південних схилів, де поверхня ґрунту влітку нагрівається до +50°C, критичну екологічну роль відіграє густа біла пруїна на поверхні слані, що виконує функцію альбедо-регуляції, відбиваючи надлишкову сонячну радіацію та захищаючи фотобіонт від фотоінгібування та перегріву.

Під час польових експедицій 2025 року досліджено унікальний рефугіум виду – біотоп залишкового ковилового та типчако-ковилового степу в урочищі «Куропатницький камінь» (околиці с. Куропатники). Це стрімкий еродований схил південної експозиції з виходами карбонатних порід, де спостерігається синтопічне зростання *S. lentigera* разом із іншим раритетним видом – *Psora decipiens*. Підтверджено такі локалітети: Івано-Франківська обл., Бурштинський р-н, околиці с. Куропатники, урочище «Куропатницький камінь», на карбонатних відслоненнях (285 м н.р.м.; 49.2859890°N, 24.6697520°E); там само, поверх вкритої мохом карбонатної брили (274 м н.р.м.; 49.2840120°N, 24.6688450°E).

У досліджених локалітетах вид виступає як пізньосукцесійний елемент. Займаючи специфічну мікронішу, лишайник тяжіє до стабільних субстратів, часто виступаючи епібріофітом на мохових подушках (*Tortella* sp., *Grimmia* sp.), які акумулюють додаткову вологу поверх каміння. Відмічено, що генеративне розмноження *S. lentigera* в популяції пригнічене (апотеції наявні менш ніж у 10% особин), тому вид підтримує чисельність переважно вегетативно шляхом фрагментації слані.

Отже, *Squamarina lentigera* є автохтонним компонентом ліхенобіоти Бурштинського Опілля, що демонструє глибокі морфолого-анатомічні адаптації до ксеротермних умов. Урочище «Куропатницький камінь» є найважливішим локалітетом для збереження виду в регіоні. З огляду на загрози заліснення схилів сосною та накопичення мортмаси через припинення випасу, рекомендовано надати цій території статус об'єкта природно-заповідного фонду.

Фурсова К.

НОВА ЗНАХІДКА *HAEMATOCOCCUS LACUSTRIS* (GIROD-CHANTRANS) ROSTAFINSKI (CHLOROPHYTA, VOLVOCALES) У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: k.v.fursova@gmail.com

Fursova K. NEW RECORD OF *HAEMATOCOCCUS LACUSTRIS* (GIROD-CHANTRANS) ROSTAFINSKI (CHLOROPHYTA, VOLVOCALES) IN THE KHARKIV REGION. *Haematococcus lacustris* is a unicellular alga known for its ability to accumulate astaxanthin under stress conditions, making it a valuable model organism for studies of carotenoid biosynthesis. In Ukraine, the species is moderately distributed but often found in unstable habitats such as temporary ponds and artificial reservoirs. On October 15, 2025, a new locality was recorded in Mala Rohan village (Kharkiv region) in a rainwater-filled plastic container. The sample contained motile green cells, red cysts, and transitional life stages, with cysts predominating. The isolate is currently maintained at V. N. Karazin Kharkiv National University for further cultivation.

Рід *Haematococcus* Flotow (Chlorophyta, Volvocales) представлений одноклітинними, двожгутиковими водоростями, клітини яких оточені клітинною оболонкою, що поєднується з протопластом прозорими протоплазматичними тяжами. Під дією несприятливих умов рухливі клітини водоростей цього роду перетворюються на округлі цисти з потовщеною клітинною оболонкою. *Haematococcus lacustris* (Girod-Chantrans) Rostafinski слугує модельним організмом для вивчення накопичення каротиноїдів під впливом стресових умов, таких як інтенсивне освітлення та підвищення солоності. Астаксантин, який виділяють з клітин цих водоростей, використовується як харчова добавка в аквакультурі та барвник у харчових технологіях, є складовою фармацевтичних препаратів (антиоксиданти) і косметичних засобів. Рід *Haematococcus* характеризується високою екологічною пластичністю та здатністю існувати в умовах, що зазнають значних коливань абіотичних факторів. Представники цього роду спорадично трапляються у тимчасових водоймах, таких як калюжі, пташині купальні, дрібні стоячі водойми й штучні резервуари, де гідрологічний режим є нестабільним. Отже, знахідки представників цього роду у природі можуть ускладнюватися через швидке пересихання таких водойм. В Україні *Haematococcus lacustris* вважається помірно поширеним видом (Царенко та ін., 2024). Знахідки цього виду фіксувалися у Київській (Масюк, Лилицкая, 1998), Сумській (Бурова, Жежера, 2013), Чернігівській (Масюк, Лилицкая, 2005), Дніпропетровській (Свиренко, 1927), Миколаївській (Костіков, Дарієнко, 1998), Закарпатській (Wołoszyńska, 1911), Тернопільській (Gutwiński, 1895) та Харківській областях (Свиренко, 1918). Перші знахідки цього виду у Харківській області згадуються у роботах Д. О. Свиренка (1918, 1922), для яких автор наводить два типи локалітетів: тимчасові водойми (калюжі) та штучні ставки міської каналізації. Пізніше *Haematococcus lacustris* було знайдено у штучному басейні Ботанічного саду Харківського університету (Коршиков, 1938). Нове місцезнаходження *Haematococcus lacustris* нами було виявлено 15 жовтня 2025 року на присадибній ділянці у с. Мала Рогань Харківської області у штучній ємності (ручка пластикового таза) з дощовою водою; 49.9361, 36.4921 (точність 500 м). У природному матеріалі були присутні різні морфотипи, характерні для цього виду водоростей, що включали зелені рухливі клітини, червоно-бурі цисти та перехідні форми. Перехідні форми характеризувалися появою червоного забарвлення у центральній частині клітини зі збереженням зеленого забарвлення на периферії. У пробі кількісно переважали об’єднані у групи цисти та нерухливі перехідні форми; на одну краплину налічувалося 2–4 рухливі клітини. Крім того, у пробі було зафіксовано представників типу Rotifera.

Знайдений зразок *Haematococcus lacustris* наразі зберігається на кафедрі ботаніки та екології рослин Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, де планується подальше виведення у культуру. У перспективі передбачено проведення молекулярних досліджень для уточнення таксономічної належності та біохімічних характеристик знахідки.

Чишко М., Романченко О.

ПЕРША В УКРАЇНІ ЗНАХІДКА ГРИБА *PLEONECTRIA VIRENS* ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ITS-МЕТАБАРКОДИНГУ ЗРАЗКІВ ҐРУНТУ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: chishko.maks@ukr.net

Chyshko M., Romanchenko O. FIRST RECORD OF *PLEONECTRIA VIRENS* FUNGUS IN UKRAINE REVEALED BY ITS-METABARCODING OF SOIL SAMPLES. *Pleonectria virens* is a poorly studied lignicolous and corticolous ascomycete traditionally associated with decaying wood and weakened branches of deciduous trees. Here, we report its first record in Ukraine based on ITS metabarcoding of soil samples collected in natural forest ecosystems. Species identification was inferred from high-throughput sequencing of the ITS rDNA region and comparison with curated reference datasets. The detection of *P. virens* in two spatially separated localities expands the known distribution of the species to Eastern Europe and demonstrates the effectiveness of soil environmental DNA metabarcoding for documenting cryptic or rarely recorded fungi that are difficult to detect using traditional morphological approaches.

Рід *Pleonectria* Sacc. (Sordariomycetes incertae sedis) об'єднує лігнофільні та кортикофільні сумчасті гриби, для яких характерні дрібні перитеціальні плодові тіла, частково або повністю занурені в субстрат, циліндричні восьмиспорові аски та гіалінові муральні аскоспори з поздовжніми і поперечними перегородками. Систематика роду залишається складною та недостатньо впорядкованою, що зумовлює необхідність залучення додаткових матеріалів і застосування молекулярно-філогенетичних методів. За морфологічними ознаками представники *Pleonectria* подібні до роду *Thyronectria* Sacc., види якого, як було нещодавно встановлено, є мікопаразитами.

Вид *Pleonectria virens* (Harkn.) Hirooka, Rossman & P. Chaverri уперше описано як *Thyronectria virens* (Harkness, 1892). Його сучасну таксономічну концепцію сформульовано у фундаментальній монографії Hirooka, Rossman і Samuels (2012), що ґрунтується на комплексному аналізі морфологічних ознак і молекулярно-філогенетичних даних.

Pleonectria virens залишається малодослідженим видом. Він характеризується зеленуватим або оливковим забарвленням перитеціїв, що відображено в його видовій назві. Наразі кількість достовірно підтверджених знахідок є обмеженою, а відомий ареал охоплює переважно Європу та Північну Америку. Вид розглядають як сапротроф або слабкий факультативний паразит на ослаблених гілках листяних дерев. Через дрібні розміри плодових тіл він нечасто фіксується під час традиційних польових досліджень. База даних GBIF наразі містить лише 36 знахідок.

У результаті ITS-метабаркодингового аналізу ґрунтових зразків нами вперше в Україні виявлено генетичний матеріал *Pleonectria virens* із двох розташованих поруч локалітетів. Перший зразок відібрано доцентом О. Ю. Акуловим у кленово-липово-ясеновій діброві з домішкою граба поблизу «Печери відлюдника» в природному заповіднику «Медобори» (Тернопільська область; 49.223782° N, 26.182429° E). Локалітет розташований у світлому розрідженому лісі на виходах Товтрового кряжу. Другий зразок ґрунту відібрано в заплавному вербовому лісі біля «Цілющих джерел» на правому березі р. Збруч (49.220723° N, 26.191952° E, також у межах заповідника «Медобори»).

Виявлення *Pleonectria virens* засвідчує ефективність ITS-метабаркодингу ґрунту для документування криптичних або рідкісних таксонів мікобіоти, ідентифікація яких за морфологічними ознаками плодових тіл часто є ускладненою або практично неможливою.

Роботу виконано в межах міжнародного проєкту Tracking Trade Across Symbiotic Networks за підтримки індивідуального гранта доцента О. В. Прилуцького (Human Frontier Science Program, ініціатива S4S) під науковим керівництвом доцента О. Ю. Акулова.

Sobisz Z., Truchan M., Osadowski Z.

HERBARIUM SLUPENSIS (SLTC): HISTORY, COLLECTIONS AND DIGITAL INTEGRATION WITHIN THE HERBARIUM POMERANICUM PROJECT

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; e-mail: zbigniew.sobisz@upsl.edu.pl

The Herbarium Slupensis SLTC has been in operation since 1969 and currently comprises around 70,000 herbarium sheets. The first curator was Associate Professor Józef Misiewicz, who documented the vascular flora of Pomerania with a particular focus on Polish seaports. In 1975, the Department of Ecology and Environmental Protection was established alongside a second collection created by Associate Professor Eugeniusz Ryszard Śpiewakowski, PhD. This collection included plant material gathered during floristic studies in the areas of Żydowo, Lubiatów and Żarnowiec. The bryophyte and lichen collections were incorporated in 1990 and the two herbaria were unified in 1995. The curator at that time was Associate Professor Ireneusz Izydorek, who was succeeded in 2006 by Associate Professor Zbigniew Sobisz.

Housed at the Institute of Biology of the Pomeranian University in Słupsk, the Herbarium also preserves a historically significant deposit from the Pomeranian Dukes' Castle Museum in Darłowo, which was saved after World War II. These specimens date from the late 19th and early 20th centuries. In 1974, Assoc. Prof. Józef Misiewicz took over the collection and elaborated on it scientifically. The collection comprises around 1,800 sheets dating from 1875 to 1943, prepared by teachers, clergy, and German pharmacists including Ernst Holzfuss, Hermann Krause, Otto Karl, and Alfred Bannier. While most of the specimens originate from Pomerania, the collection also contains material from the Sudetes (Świdnica, Świeradów-Zdrój and Wołów), as well as from Macedonia, Capri and Pompeii. The oldest item in the Darłowo deposit dates back to 1811 and was compiled by Pastor Georg Homann.

A particularly valuable component of the collection is the herbarium of the Słowiński National Park, which documents the historical vascular flora of the region. The collection incorporates the herbarium of the former botanical garden in Sławno (late 19th/early 20th century), as well as the Dendrological Garden's collection of native and exotic dendroflora. Another valuable addition is the private herbarium of Alfons Stanisław Modrzejewski (1916–1917), which was donated by his family. These resources are complemented by a florilegium from the 1950s and a xylotheca gifted by the dendrological garden in Wirty. The herbarium also includes numerous extinct and endangered plant species from Poland and the Pomeranian region, including collections by Karl Friedrich Kohlhoff and Fritz Römer.

The SLTC Herbarium comprises:

- Collection of Vascular Plants (SLTC-VP): 55,000 specimens.
- The Fungal Collection (SLTC-F) comprises 2,950 specimens.
- The Lichen Collection (SLTC-L) comprises 11,000 specimens.
- The Bryophyte Collection (SLTC-B) comprises 445 specimens.

From 2019 to 2023, the Pomeranian University in Słupsk, the University of Gdańsk, and the University of Szczecin implemented the "*Integrated Virtual Herbarium of Pomerania – Herbarium Pomeranicum*" project, which aimed to digitise and integrate regional herbarium collections. This initiative was funded under the Digital Poland Operational Programme 2014–2020 (Sub-measure 2.3.1). The project's main goal was to improve digital infrastructure by making Pomeranian scientific resources accessible online.

The Herbarium Pomeranicum project has brought together the following collections:

- Herbarium Universitatis Gedanensis (UGDA);
- Herbarium Slupensis (SLTC);
- Herbarium Stetinense (SZUB);
- Szczecin Diatomological Collection (SZCZ).

As a result, around 468,000 herbarium specimens have been digitised and made publicly accessible online. Established in 1969 at the Pomeranian University in Słupsk, Herbarium Slupensis is a significant regional and historical botanical resource comprising approximately 70,000 specimens of vascular plants, fungi, lichens and bryophytes. The collection incorporates valuable archival deposits dating back to the early 19th century which document the flora of Pomerania and other European regions. It also includes specialised thematic collections and private donations. The scientific importance of the collection is further enhanced by records of rare and endangered species. Participation in the Herbarium Pomeranicum project (2019–2023) has seen the SLTC collection digitally integrated with other major Pomeranian herbaria, substantially improving accessibility, preservation, and research potential through large-scale digitisation and online dissemination.

Udzhmadzhuridze V.

TRANSFORMATION OF THE URBAN FLORA OF THE DNIPRO UNDER THE INFLUENCE OF *AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L.

Oles Honchar Dnipro National University,
Nauky Avenue, 72, Dnipro, 49010, Ukraine; e-mail: valentin999cool@gmail.com

The study aimed to comprehensively analyse the impact of *Ambrosia artemisiifolia* L. on the structure, species composition and diversity of the urban flora of the city of Dnipro under conditions of varying levels of its spread. The relevance of the work is due to the intensive processes of urbanization and the growing role of invasive species in the transformation of urban ecosystems. The spread of alien plants, in particular ragweed, is accompanied by changes in the structure of phytocenoses, redistribution of competitive interactions and potential disruption of ecological balance (Udzhmadzhuridze & Lisovets, 2025).

Field studies were conducted in 2022–2025 and covered 1,422 sample plots within various types of urban biotopes in Dnipro, including parks, roadsides, wastelands, and industrial areas. The methodological basis included geobotanical descriptions, taxonomic identification of vascular plants, determination of their projective cover, analysis of the proportion of adventive species, and assessment of the biomorphological and ecomorphological characteristics of communities.

As a result of the comprehensive survey, 416 species of vascular plants belonging to 78 families were identified. The average generalized indicators for all studied sites are: average number of species – 12.30 ± 0.25, total projective cover – 51.27 ± 1.20%, tree crown closure – 23.72 ± 1.49%.

Areas without *A. artemisiifolia* (880 areas, 62% of the total) are characterized by the presence of 355 species from 70 families, an average number of species of 10.77 ± 0.28, projective cover of 47.89 ± 1.49% and crown closure of 26.65 ± 1.93%. Within this category, one representative of each of the families *Rhamnaceae*, *Santalaceae* and *Tiliaceae* was recorded, which do not occur in other gradations.

Areas with minimal ragweed presence (326 plots) include 309 species from 63 families and show an average number of species of 14.40 ± 0.53, a protective cover of 53.13 ± 2.55% and a canopy closure of 19.54 ± 2.94%.

At medium species density (116 plots), 207 species from 55 families were recorded; the average values are 14.40 ± 0.78 species, 56.31 ± 3.89% projective cover and 14.56 ± 3.46% crown closure. This group includes isolated representatives of the *Cucurbitaceae*, *Grossulariaceae*, and *Iridaceae* families.

At maximum ragweed density (100 plots), 223 species from 57 families were found; the average number of species is 16.50 ± 0.94, projective cover is 69.02 ± 3.44%, and crown closure is 14.33 ± 4.63%. This category includes the families *Cuscutaceae*, *Juncaceae* and *Typhaceae*, which have limited distribution in urban biotopes.

A comparative analysis shows that with a change in the density of *Ambrosia artemisiifolia*, the structure of plant communities is transformed, and the indicators of species richness and projective cover change. In general, there is variability in taxonomic composition and a redistribution of the roles of individual ecological groups within urban areas.

The results obtained emphasize the need for systematic monitoring of invasive species within urban areas and comprehensive consideration of their impact when planning vegetation management measures. Regular monitoring of the spread of *Ambrosia artemisiifolia* and other adventive taxa will allow for the timely detection of changes in the structure of phytocenoses, assessment of trends in the transformation of urban flora, and prediction of possible ecological consequences. It is particularly important to combine floristic monitoring with analysis of projective cover, species richness and the proportion of invasive components, which allows for a comprehensive assessment of the state of urban ecosystems.

Балда С., Голуб Н.

ВПЛИВ $PbFeI_2$ НАНОЧАСТИНОК НА ВИЖИВАННЯ ЛІНІЇ *OREGON DROSOPHILA MELANOGASTER*

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: sofiia.balda@lnu.edu.ua

Balda S., Holub N. EFFECT OF $PbFeI_2$ NANOPARTICLES ON SURVIVAL OF THE *DROSOPHILA MELANOGASTER OREGON* STRAIN. The study investigates the impact of $PbFeI_2$ nanoparticles (NPs) on the development of *Drosophila melanogaster*. It was found that NPs at dose of 60 μl/ml of medium inhibits imago emergence by up to 55,7% and causes numerous morphological alterations (tumors, wing defects). It was shown that the biocomplex of NPs with human serum albumin reduces adult emergence to 94,9% compared to the control. It indicates that protein agents may mitigate the negative effects of lead-based nanostructures.

Наночастинки (НЧ) складу $PbFeI_2$ належать до класу мультифероїків або магнітних напівпровідників, що характеризуються винятковими оптичними характеристиками, параметри яких можна коригувати шляхом варіювання форми та розмірів (Столярчук, 2013). Розвиток нанотехнологій відкриває перспективи для використання наноматеріалів у медицині: від яскравих флуоресцентних маркерів до систем цільової доставки ліків. Проте наночастинки $PbFeI_2$ наразі залишаються предметом суто фундаментальних досліджень. Попри їхню здатність одночасно проявляти магнітні та електричні властивості, їхнє впровадження в медицину обмежене високою токсичністю свинцю (Pb). Через ризики генотоксичності та накопичення важких металів в організмі, ці сполуки сьогодні вивчають переважно як об'єкти матеріалознавства, а не як клінічні засоби. Однак є дані про зменшення токсичності за рахунок додавання альбуміну в середовище.

Метою нашої роботи було дослідити токсичність впливу наночастинок $PbFeI_2$ на виживання та виліт імаго *Drosophila melanogaster* лінії дикого типу *Oregon R*. Мух вирощували на стандартному живильному середовищі (агар, дріжджі, цукор, родзинки та манка) за стабільної температури 25°C у темряві. Досліджувані розчини вносили в середовище для личинкового згодовування. Розчин НЧ вносили з розрахунку: 60 мкл на 50 мл середовища. З метою ймовірної детоксикації наночастинок у досліджені використовували сироватковий альбумін людини, який змішували з НЧ у співвідношенні 1:1, v:v. Контрольна група (К) отримала еквівалентну кількість глюкози без наночастинок та окремо з додаванням альбуміну (А) у концентрації 60 мкл на 50 мл середовища. На підготовлені середовища висаджували 1–2-денних віргінних самок та самців, яких вилучали з банок через 3 доби. Експеримент проводили у чотирикратному повторенні. Аналіз вильоту імаго показав зменшення кількості особин при додаванні в середовище лише НЧ до 55,7% (553 імаго) порівняно з контролем (1251 особина). У дослідних мух спостерігали фенотипові відхилення: зміна забарвлення тіла – 32% (16/50), пухлини – 26% (13/50), дефектні крила – 24% (12/50), дефектне тіло – 12% (6/50) та без голови – 6% (3/50). За згодовування личинкам комплексу НЧ з альбуміном, чисельність імаго, що вилетіли, становила 94,9% і статистично не відрізнялася від контролю.

Отже, дослідження підтвердило високу токсичність наночастинок $PbFeI_2$ у концентрації 60 мкл на 50 мл середовища, що виявилося у зниженні вильоту імаго до 55,7% та появі численних морфологічних відхилень (пухлини, дефекти крил та кінцівок). Встановлено, що використання сироваткового альбуміну як детоксиканта дозволяє знизити рівень летальності на передімагінальних стадіях (виліт імаго становив 94,9% порівняно з контролем), що свідчить про можливість нейтралізації негативного впливу свинцевмісних наноструктур за допомогою білкових агентів.

Банах Х., Куриленко О., Тістечок С.

ГЕТЕРОЛОГІЧНА ЕКСПРЕСІЯ КЛАСТЕРІВ ГЕНІВ БІОСИНТЕЗУ ПРИРОДНИХ СПОЛУК ІЗ НЕТИПОВИМИ ГЕНАМИ СТІЙКОСТІ

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: xbanax13@gmail.com

Banakh K., Kurylenko O., Tistechok S. HETEROLOGOUS EXPRESSION OF BIOSYNTETIC GENE CLUSTERS WITH UNUSUAL RESISTANCE GENES. This study is focused on the discovery of novel antibiotics through the heterologous expression of biosynthetic gene clusters (BGCs) containing unusual resistance genes. Using AntismashBLAST tool two BGCs were identified in *Streptomyces sparsogenes* and *Nocardia puris*, carrying additional copy of gene coding for -subunit of proteasome and gene coding for isoleicyl-tRNA synthase, respectively. These clusters were cloned by the transformation-associated recombination (TAR) method using *Saccharomyces cerevisiae* and transferred into optimized *Streptomyces* host strains via intergeneric conjugation. This approach is suitable for the activation of "silent" BGCs and characterization of new bioactive natural products.

Поява та поширення резистентності до антибіотиків серед бактерій залишається однією з найбільш глобальних проблем сьогодення. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є пошук нових антибіотиків, які синтезуються актиноміцетами, оскільки ці мікроорганізми – найбільш відомі продуценти різних біологічно активних сполук.

За допомогою біоінформатичних інструменітів, а саме використовуючи бази даних MiBIG і AntismashBLAST, було обрано два кластери біосинтетичних генів (КБГ) MAXF01000131.1 і QNRE01000006.1 у бактерій *Streptomyces sparsogenes* та *Nocardia puris*, відповідно. Як запит для пошуку цих КБГ було використано амінокислотні послідовності генів резистентності *epnC* та *mupM*, що містяться у кластерах епонеміцину (*Streptomyces hygroscopicus*) і мупіроцину (*Pseudomonas fluorescens*) відповідно. Використання генів резистентності для пошуку нових КБГ дозволяє ідентифікувати сполуки з потенційно новими механізмами дії, оскільки наявність специфічного гена стійкості всередині кластера часто вказує на мішень потенційного антибіотика у клітині патогена.

Для клонування цільових кластерів було використано оптимізований метод TAR (transformation-associated recombination). Метод полягає у рекомбінації між гомологічними ділянками ДНК під час трансформації дріжджів *Saccharomyces cerevisiae.* Було сконструйовано два човникові вектори, що містять ділянки ДНК, гомологічні до фланкуючих ділянок, обраних КБГ. Також вектори містять α-субодиницю K1 токсину дріжджів, що індукується за наявності галактози, як селективний маркер. В результаті було отримано трансформати дріжджів, що містять кластери MAXF01000131.1 і QNRE01000006.1.

За стандартних лабораторних умов цільові КБГ часто залишаються «мовчазними» (криптичними) через відсутність специфічних природних регуляторних сигналів. Одним з шляхів активації таких КБГ є використання гетерологічних господарів – добре вивчених мікроорганізмів, що мають змінений геном для ефективного продукування бажаних сполук. Для експресії клонованих КБГ як гетерологічні господарі було обрано штами *Streptomyces albus* del14*, S. albidoflavus* del14 з посиленою експресією гена *adpA, Streptomyces lividans* YAΔ9 та *Streptomyces coelicolor* M1154. Отримані плазміди, що містять клоновані кластери, було введено в клітини *Escherichia coli* WM6026, які згодом було використано як донор для міжродової кон'югації з вищеперерахованими стрептоміцетами. Наступним кроком передбачено перевірку антибіотичної активності отриманих транс-кон'югантів методом агарових блоків щодо тест-штамів мікроорганізмів.

Беркій М.-М., Денека М., Ющук О.

НАДЕКСПРЕСІЯ ГЕТЕРОЛОГІЧНОГО ГЕНА 4-ГІДРОКСИМАНДЕЛАТ ОКСИДАЗИ В КЛІТИНАХ ПОТЕНЦІЙНОГО ПРОДУЦЕНТА ГПА *AMYCOLATOPSIS BARTONIAE* DSM 45807

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: mariia-marta.berkii@lnu.edu.ua

Berkii M.-M., Deneka M., Yushchuk O. OVEREXPRESSION OF HETEROLOGOUS 4-HYDROXYMANDELATE OXIDASE GENE IN *AMYCOLATOPSIS BARTONIAE* DSM 45807 – POTENTIAL GLYCOPEPTIDE PRODUCER. Glycopeptide antibiotics (GPAs) are a class of natural compounds derived from actinomycetes, with unique cross-linked heptapeptide cores, which are usually glycosylated and sometimes have additional aliphatic side chains. There are five types of GPAs. Clinically important GPAs belong to types I and IV – represented with vancomycin and teicoplanin, respectively, and their derivatives. A biosynthetic gene cluster (BGC) similar in structure to the BGCs of GPAs was identified in the genome of *Amycolatopsis bartoniae* DSM 45807, although this BGC was silent. It was assumed that the overexpression of the heterologous 4-hydroxymandelate oxidase gene (*knm26*), which is responsible for the conversion of 4-hydroxymandelate to 4-hydroxybenzoylformate, further converted into 4-hydroxyphenylglycine (Hpg, a part of the GPA backbone), will lead to the activation of this BGC. Consequently, the aim of the current work is to verify whether *knm26* overexpression will indeed lead to the activation of the GPA production.

Глікопептидні антибіотики (ГПА) – це клас природних сполук, отриманих з актиноміцетів, з унікальними макротрициклічними або макротетрациклічними гептапептидними ядрами, які зазвичай глікозилюються та іноді мають додаткові аліфатичні бічні ланцюги. Розрізняють 5 типів глікопептидів. ГПА І-го типу містять аліфатичні амінокислоти в положеннях 1 та 3 пептидного ядра, а всі інші амінокислоти представлені ароматичними. Серед ГПА ІІ-го типу зустрічаються сполуки, які містять в положеннях 1 та 3 ароматичну та аліфатичну амінокислоти відповідно, або дві ароматичні амінокислоти. В сполуках ІІІ-го типу всі амінокислоти аглікону ароматичні, але між 1 і 3 є поперечний зв'язок. Нарешті, в сполуках IV-типу структура аглікону збігається із структурою аглікону сполук ІІІ-го типу, але вони несуть бічний аліфатичний ланцюг. Антибіотики I–IV типів пригнічують синтез клітинної стінки Грам-позитивних бактерій і відомі як далбагептиди. Існує також V-й структурний тип ГПА, але до складу його входять неглікозильовані сполуки, що мають іншу мішень і не знайшли клінічного застосування. Важливими клінічними глікопептидами є ванкоміцин й тейкопланін та їхні синтетичні похідні. Всі ГПА продукуються актиноміцетами – Грам-позитивними міцеліальними бактеріями із великими геномами.

В попередній роботі в геномі *Amycolatopsis bartoniae* DSM 45807 було виявлено кластер генів біосинтезу (КБГ) невідомого ГПА, проте штам не здатний до активної продукції ГПА, що робить цей КБГ – названий *aba* – мовчазним. Аналіз *in silico* дав змогу припустити, що відсутність продукції антибіотика спричинена нестачею гена фермента 4-гідроксиманделат оксидази (Hmo), який відповідає за етап перетворення 4-гідроксиманделату в 4-гідроксибензоїлформіат, останній надалі перетворюється в 4-гідроксифенілгліцин (Hpg), який є частиною каркасу ГПА. Ми припустили, що експресія такого гетерологічного гена може запустити продукцію ГПА. Для експресії обрано ген Hmo продуцента кінеоміцинів *Actinokineospora auranticolor* DSM 44650 – *knm26.* Сконструйовано інтегративний вектор pTEHMO, що несе *knm26* поміщений під конститутивного промотора *ermEp*. Вектор перенесено в клітини DSM 45807 за допомогою міжродової кон'югації з *Escherichia coli* ET12567 (pUZ8002). На даному етапі здійснюється перевірка здатності отриманих рекомбінантних штамів до продукції ГПА.

Бужак А.[1,2], Беркета К.[1], Дзядевич С.[1,2], Солдаткін О.[1]

РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ АМПЕРОМЕТРИЧНОЇ БІЛІРУБІН-ЧУТЛИВОЇ БІОСЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ БІЛІРУБІНОКСИДАЗИ

[1] Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, вул. Заболотного, 150, м. Київ, 03680, Україна; [2] Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64, м. Київ, 01033, Україна; e-mail: angelishkabuzh@gmail.com

Buzhak A., Berketa K., Dzyadevych S., Soldatkin O. DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF AMPEROMETRIC BILIRUBIN-SENSITIVE BIOSENSOR SYSTEM BASED ON BILIRUBIN OXIDASE. In this study, an amperometric biosensor for bilirubin detection was developed, using bilirubin oxidase immobilized within a glutaraldehyde-based membrane on the transducers. A semipermeable poly-m-phenylenediamine membrane was employed to eliminate the interfering effects of substances commonly found in biological fluids. The optimized biosensor features a broad linear range, high selectivity, and rapid response time, making it suitable for applications in clinical diagnostics, medical testing systems, and biochemical research.

Серед ключових біомаркерів патологій печінки та шлунково-кишкового тракту важливе місце посідає білірубін. Його надлишок викликає інтоксикацію організму, підвищення кон'югованого білірубіну вказує на проблеми з жовчю чи печінкою, некон'югованого – на анемію. Високий рівень характерний також для гепатитів, цирозу, раку та низки синдромів, а у новонароджених загрожує незворотнім ураженням мозку.

Відповідно, в клінічній практиці швидке та точне визначення концентрації білірубіну має критичне значення й потребує точних та надійних методів вимірювання. На відміну від стандартних методів визначення, таких як спектрофотометрія, капілярний електрофорез або хроматографія, біосенсорні тест-системи характеризуються коротшим часом аналізу, портативністю, відносною дешевизною вимірювання, а також відсутністю складної пробопідготовки чи громіздких приладів для аналізу, що робить їх більш оптимальним інструментом для детекції біологічно активних речовин в клініці.

Тому метою нашої роботи стало створення та оптимізація амперометричної білірубін-чутливої біосенсорної системи. В якості біоселективного елементу біосенсора використовували білірубіноксидазу, іммобілізовану на поверхні перетворювача в краплі глутарового альдегіду. Ензим каталізує окиснення білірубіну до білівердину, який на поверхні перетворювача окиснюється при потенціалі −0,15 В з утворенням вільних електронів, що змінюють силу струму у вимірювальній системі пропорційно до концентрації аналіту. Для підвищення селективності під ензимною мембраною методом електрополімеризації формували напівпроникний шар полі-мета-фенілендіаміну.

У процесі розробки біосенсора було оптимізовано параметри приготування ензимної мембрани, зокрема підібрано оптимальні концентрації глутарового альдегіду та ензиму. Було оцінено вплив іонної сили, буферної ємності та концентрації білка на величину відгуку, а також перевірено селективність щодо можливих інтерферентів біологічних зразків. В ході дослідження аналітичних характеристик розробленого біосенсора було показано, що він характеризується широким лінійним (до 1000 мкМ) і динамічним діапазоном роботи (до 2500 мкМ), низькою границею визначення (7,5 мкМ) та гарною відтворюваністю результатів (RSD = 6,7%). Було доведено, що розроблений біосенсор є перспективним для використання в біохімічних дослідженнях та клінічній діагностиці.

Робота виконана за підтримки проєкту НАН України дослідницьким лабораторіям/групам молодих учених НАН України для проведення досліджень за пріоритетними напрямами розвитку науки і техніки у 2026–2027 рр.

Васильченко Л., Говорова К., Морозова Н., Проценко О., Прилуцький Ю.

ОЦІНКА ТОКСИЧНОСТІ НАНОЧАСТИНОК ОКСИДУ ГРАФЕНА НА МОДЕЛІ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

ННЦ «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64, м. Київ, 01601, Україна; e-mail: vasylchenkoliudmila@gmail.com

Vasylchenko L., Hovorova K., Morozova N., Protsenko O., Prylutskyy Yu. ASSESSMENT OF THE TOXICITY OF GRAPHENE OXIDE NANOPARTICLES ON *DROSOPHILA MELANOGASTER* MODEL. Graphene is a promising nanomaterial, but its increasing use poses a potential risk to the environment and human health. The toxic effect of Graphene Oxide (GO) on *Drosophila Melanogaster* at low concentration region (10^{-4} – 10^{-1} μg/mL) was studied in detail. Specifically, at a concentration of 10^{-1} μg/mL, a significant lethal toxic effect was observed. These results prove that GO toxicity is concentration-dependent, highlighting the need for careful environmental monitoring. The study provides important data on how even small amounts of nanomaterials can impact living organisms.

Графен – моноатомний шар атомів карбону із гексагональною структурою, який володіє унікальними фізико-хімічними властивостями, зокрема, електричними, тепловими, оптичними та механічними. Саме тому він та його похідні, наприклад, оксид графена (ОГ), є перспективними наноматеріалами в галузі матеріалознавства, енергетики і біомедицини. Зростання масштабів виробництва та практичне застосування матеріалів на основі графена зумовлює потенційний ризик їх потрапляння у навколишнє середовище, що потребує детальної оцінки їхньої токсичної дії на живі організми. Для вивчення токсичності графена використовували різні модельні організми, включаючи бактерії, водорості, амфібії та нематоди. Так, показано, що ОГ за високих концентрацій (50–300 мкг/мл) викликав значні поведінкові розлади та порушення розвитку у мух лінії *Oregon-R*, включаючи зниження локомоторних здібностей личинок, фототаксис та геотаксис дорослих особин, плямистість крил та фенотипові дефекти (Priyadarsini et al., 2019). Виявлено значний токсичний влив ОГ за низьких концентрацій (1,5 та 10 мкг/мл) на мухах лінії w^{1118} (Guo et al., 2021). Однак ці дослідження не дають змоги оцінити загальну токсичність ОГ та пов'язані з нею механізми дії. *Drosophila melanogaster* є класичним модельним організмом, який широко використовують не лише у генетичних, а й токсикологічних дослідженнях. Відтак, метою цієї роботи було оцінити токсичний ефект водорозчинного ОГ за низьких концентрацій (10^{-4}-10^{-1} мкг/мл) на мухах *Drosophila melanogaster*. Токсичність ОГ досліджували шляхом внесення цих наночастинок до стандартного поживного середовища за різних концентрацій. Мух утримували за стандартних лабораторних умов. Кількість особин покоління F1 використовували як показник життєздатності та репродуктивного успіху. Як контроль – до середовища додавали дистильовану воду. Для кожної концентрації проводили три повтори. У результаті, в межах концентрацій водорозчинного ОГ 10^{-4}–10^{-2} мкг/мл статистично значущого зниження кількості нащадків порівняно з контролем не виявлено. За концентрації водорозчинного ОГ 5×10^{-2} мкг/мл була тенденція до помірного зменшення чисельності F1. Нарешті, найбільш виражений токсичний ефект зафіксовано за концентрації водорозчинного ОГ 10^{-1} мкг/мл, що проявлялося суттєвим зниженням кількості нащадків. Отримані результати свідчать про концентраційно-залежний характер токсичної дії водорозчинних наночастинок ОГ.

Ваховський Є., Мруга Д., Дзядевич С., Солдаткін О.

РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ БІОСЕНСОРА НА ОСНОВІ ІММОБІЛІЗОВАНОЇ ПІРУВАТОКСИДАЗИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ АЛАНІНАМІНОТРАНСФЕРАЗИ

Інститут молекулярної біології і генетики НАН України,
вул. Заболотного, 150, м. Київ, 03680, Україна; e-mail: genyrud93@gmail.com

Vakhovskyi Ye., Mruha D., Dziadevych S., Soldatkin O. DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF A BIOSENSOR BASED ON IMMOBILIZED PYRUVATE OXIDASE FOR THE DETERMINATION OF ALANINE AMINOTRANSFERASE ACTIVITY. In this study, an amperometric ALT-sensitive biosensor based on pyruvate oxidase was developed and optimized. The conditions for immobilization of the bioselective element were optimized, along with the concentrations of the substrate, coenzyme, and cofactor. The main analytical performance characteristics of the biosensor were evaluated. The obtained results demonstrate that analytical characteristics of the developed biosensor are suitable for determining ALT activity in complex biological fluids.

Аланінамінотрансфераза (АЛТ) є ферментом, що каталізує оборотну реакцію трансамінування між аланіном та α-кетоглутаратом з утворенням пірувату та глутамату. Високі концентрації АЛТ містяться в цитозолі гепатоцитів, проте він також присутній і в інших тканинах в значно нижчих концентраціях. Через це він є високоінформативним біомаркером стану печінки, що широко застосовується в клінічній практиці. Традиційні методи визначення активності аланінамінотрансферази включають колориметрію, спектрофотометрію, хемілюмінесценцію, хроматографію та флюориметрію. Проте ці методи супроводжуються певними недоліками, наприклад, необхідністю спеціального дороговартісного обладнання, коштовних реактивів, спеціально навченого персоналу та складної підготовки зразків. Натомість амперометричні біосенсори розглядаються як перспективна альтернатива традиційним аналітичним методам визначення активності АЛТ завдяки простоті конструкції, економічності, відносно високій швидкості роботи та можливості забезпечення безперервного моніторингу в режимі реального часу.

У цій роботі було створено амперометричний біосенсор на основі піруватоксидази (ПОкс) для визначення активності АЛТ. В експерименті використовувалась стандартна триелектродна амперометрична система. Біоселективний елемент створювали шляхом заключення ферменту ПОкс (отриманої з *Aerococcus viridans*) в полімерну сітку з фотополімеру PVA-SbQ (полімеризується при λ=365нм). Ферментний гель (що містив 4,86 Од. акт./мкл ПОкс, 10% гліцерину і 5% БСА) змішували із фотополімером (концентрацією 19,8%) у співвідношенні 1:2 та опромінювали УФ-світлом загальною прикладеною енергією 2,4 Дж. Окрім процедури іммобілізації, також було оптимізовано параметри робочого розчину (pH, буферна ємність, концентрації субстратів та коферментів ПОкс та АЛТ).

Аналітичні характеристики розробленого біосенсора були наступні: лінійний діапазон роботи сенсора склав 1–500 Од. акт./л АЛТ, чутливість – 0,75 нА/хв на 100 Од. акт./л АЛТ, ліміт детекції – 1 Од. акт./л АЛТ. Розроблений біосенсор було апробовано для детекції активності АЛТ у зразках сироватки крові (кореляція між виміряним вмістом АЛТ і збагаченими зразками R = 0,99569). Отримані дані підтвердили придатність розробленого біосенсору для вимірювання клінічно значимих концентрацій аналіту (10–300 Од. акт./л АЛТ).

Робота виконана в рамках проєкту 2025.07/0161 за фінансування Національного фонду досліджень України.

Ведибіда О., Ющук О.

ВПЛИВ НОКАУТУ ГЕНА *bldD* НА ПРОДУКЦІЮ А47934 І МОРФОЛОГІЧНУ ДИФЕРЕНЦІАЦІЮ У ШТАМІ *STREPTOMYCES TOYOCAENSIS* NRRL 15009

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: oleksandr.vedybida@lnu.edu.ua

Vedybida O., Yushchuk O. IMPACT OF THE *bldD* GENE KNOCKOUT ON A47934 PRODUCTION AND THE DEVELOPMENT IN *STREPTOMYCES TOYOCAENSIS* NRRL 15009. *S. toyocaensis* NRRL 15009 is a producer of the unique glycopeptide antibiotics A47934. *Streptomyces* species have many global transcription regulators, such as AdpA, BldA and BldD, which impact on morphological development and antibiotic production in model organisms. However, the impact of AdpA, BldA, and BldD on the production of A47934 and morphological differentiation in *S. toyocaensis* NRRL 15009 has not yet been studied. In this work, the gene *bldD* was knocked out in *S. toyocaensis* NRRL 15009 to investigate the impact of *bldD* gene knockout. The *S. toyocaensis* ΔbldD strain does not produce A47934 and exhibits no morphological changes, although its morphology development is faster than that of wild-type *S. toyocaensis* NRRL 15009.

BldD є одним із важливих і критичних глобальних регуляторів у представників роду *Streptomyces.* BldD є глобальним репресором, який інгібує ранню експресію генів морфогенезу. Однак також було виявлено, що BldD здатний впливати на продукцію антибіотиків у модельних об'єктах.

S. toyocaensis NRRL 15009 є одним із рідкісних продуцентів глікопептидних антибіотиків (ГПА) серед представників роду *Streptomyces*. *S. toyocaensis* NRRL 15009 продукує унікальний за своєю будовою ГПА А47934, який не містить залишків цукрів і містить сульфатну групу. Однак у літературі відсутня інформація про вплив глобальних регуляторів, таких як AdpA, BldA і BldD на продукцію А47934 у *S. toyocaensis* NRRL 15009.

Для дослідження впливу гена *bldD* на продукцію А47934 і морфологічну диференціацію у штамі *S. toyocaensis* NRRL 15009 було створено штам *S. toyocaensis* NRRL 15009 з делеційним нокаутом гена *bldD*. Мутантний штам *S. toyocaensis* ΔbldD було створено методом делеційного нокауту через подвійний кросинговер. Для цього було сконструйовано нокаутний вектор pKOBldDLR шляхом клонування лівої і правої фланкуючих послідовностей гена *bldD* у суїцидний вектор pGUSA21. pKOBldDLR був перенесений у *S. toyocaensis* NRRL 15009 методом міжродової кон'югації. Отриманий штам *S. toyocaensis* NRRL 15009 (pKOBldDLR) був пасажований у три раунди без селекції для індукування вторинного кросинговеру. Клони штаму *S. toyocaensis* ΔbldD верифіковували, використовуючи ПЛР.

Для дослідження морфології отриманий мутантний штам *S. toyocaensis* ΔbldD був висіяний на агаризовані середовища ISP1, ISP2, ISP3, ISP4, ISP5, ISP6, ISP7 і SFM, а посіви проінкубовані впродовж 168 год при 30°C. Продукцію А47934 у штамі *S. toyocaensis* ΔbldD дослідили методом біотестів з агаровими блоками із використанням штаму *Bacillus subtilis* HB0950 як Грам-позитивну тест-культуру. Проаналізувавши чашки з посівами і біотестами було виявлено, що нокаут гена *bldD* у штамі *S. toyocaensis* NRRL 15009 не впливає на морфологію, але призводить до втрати продукції А47934 на агаризованих середовищах ISP2 і ISP3.

Попри відсутність впливу нокауту гена *bldD* на морфологію, штам *S. toyocaensis* ΔbldD потенційно має пришвидшену морфологічну диференціацію. Для виявлення цього факту, штам *S. toyocaensis* ΔbldD був висіяний на агаризовані середовища ISP1, ISP2, ISP3, ISP4, ISP5, ISP6, ISP7 і SFM у визначені точки через кожні 24 год. впродовж 168 год., що дозволило диференційно проінкубувати точки. Після інкубування отриманих посівів було виявлено, що штам *S. toyocaensis* ΔbldD у порівнянні з штамом *S. toyocaensis* NRRL 15009 має пришвидшений морфогенез на агаризованих середовищах ISP1, ISP2, ISP3, ISP4 і SFM.

Зарва Е., Більченко К., Шевченко Д.

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОТРИМАННЯ БІЛКІВ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ТА ОЦІНКА ЇХ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ

Харківський національний університет іменя В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: eduard.zarva@student.karazin.ua

Zarva E., Bilchenko K., Schevchenko D. DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OBTAINING *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* PROTEINS AND EVALUATION OF THEIR BIOLOGICAL ACTIVITY. Yeast biomass is a rich source of biologically active compounds; however, the rigid cell wall limits the efficient recovery of water-soluble components, and conventional autolysis yields no more than 40% of total biomass. A novel three-stage processing method combining CO_2-fluid extraction, autolysis, and autoclaving was developed for *Saccharomyces cerevisiae*, increasing the yield of water-soluble components up to 70% and enriching them with amino acids, peptides, nucleic acids, microelements, and carbohydrates. Dietary supplementation with up to 10% of these components accelerated body weight recovery in *Wistar* rats and altered physiological and immunological parameters, indicating their potential application in functional foods after further mechanistic studies.

Біомаса дріжджів є багатим джерелом біологічно активних сполук, зокрема, білків (до 40% від загальної маси), вітамінів, мікроелементів та нуклеїнових кислот. Однак добре розвинена клітинна стінка, на яку припадає 25–30% маси, робить використання дріжджової біомаси неефективним або неможливим. Протягом багатьох років ведуться дослідження щодо розробки методів отримання водорозчинних компонентів дріжджів, і єдиним широко застосовуваним способом переробки дріжджової біомаси є автоліз. Водночас цей метод дозволяє перевести у водну фазу не більше 40% від загальної біомаси.

Мета дослідження – розробити новий ефективний метод отримання водорозчинних компонентів дріжджів (ВРК), провести їхню первинну характеристику та визначити біологічну активність. У роботі використано дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*; характеристику складу здійснювали за допомогою спектрального аналізу, біохімічних методів визначення нуклеїнових кислот і вуглеводів, а також вмісту іонів. Оцінку біологічної активності ВРК проводили на самцях щурів лінії *Wistar* віком 4 місяці на моделі втрати та подальшого відновлення маси тіла за умови годування тварин стандартним комбікормом, біомасою дріжджів та отриманими ВРК. Визначали динаміку маси тіла, температуру тіла та кількість імунокомпетентних клітин у крові.

Розроблено комбінований метод переробки дріжджової біомаси, який включає CO_2-флюїдну екстракцію, автоліз та автоклавування. Вихід ВРК становив близько 70% від біомаси дріжджів. Склад ВРК збагачений амінокислотами, пептидами, нуклеїновими кислотами, мікроелементами та вуглеводами. Включення до складу комбікорму до 10% ВРК прискорювало відновлення маси тіла в експериментальних тварин порівняно з цілою біомасою дріжджів. Кореляційний аналіз між зміною маси тіла та поверхневою температурою тіла виявив чітко виражену негативну кореляційну залежність ($r = –0,76$) в інтактній групі молодих щурів. Водночас у групах тварин, які отримували в складі корму біомасу дріжджів та ВРК, така залежність між зміною маси тіла та температурою тіла була відсутня. Виявлено, що включення до складу корму біомаси дріжджів та ВРК супроводжувалося зменшенням кількості імунокомпетентних клітин у кровотоці експериментальних тварин.

Отож розроблено триетапний метод обробки дріжджової біомаси, який дозволяє отримувати ВРК, придатні для включення до продуктів функціонального харчування після додаткового вивчення їхніх механізмів дії.

Квасниця А., Русакова М.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗДАТНОСТІ ОКРЕМИХ ШТАМІВ ПСЕВДОМОНАД ЩОДО УТВОРЕННЯ БІОПЛІВОК

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
вул. Всеволода Змієнка, 2, м. Одеса, 65082, Україна; e-mail: kvasart@gmail.com

Kvasnytsia A., Rusakova M. DETERMINATION OF THE ABILITY OF CERTAIN STRAINS OF PSEUDOMONADS TO FORM BIOFILMS. In vitro analysis reveals that *P. aeruginosa* strains rapidly form uniform, mature biofilms with high formation coefficients within 24 hours. In contrast, *P. chlororaphis* and *P. fluorescens* exhibit significantly slower and uneven biofilm development. These kinetic and morphological differences enable the classification of these *Pseudomonas* strains into two distinct biofilm-forming groups.

Сьогодні існує гостра проблема отримання енергії з використанням альтернативних джерел. Для її вирішення розробляються та вдосконалюються біотехнологічні підходи, в яких активно застосовуються мікроорганізми (Йонг та ін., 2017). Для створення мікробно-паливних елементів використовуються представники різних таксономічних груп, у тому числі *Pseudomonas* spp., спільними характеристиками яких є здатність до продукції редокс-активних сполук та утворення біоплівки (Мануела та ін., 2023).

Метою дослідження було порівняння здатності до біоплівкоутворення окремих представників роду *Pseudomonas* за умов культивування *in vitro*.

У роботі було використано наступні штами псведомонад: *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, ATCC 15692, ATCC 10145, *Pseudomonas chlororaphis* ONU 111 та *Pseudomonas fluorescens* ONU 110. Всі мікроорганізми було отримано з колекції культур мікроорганізмів кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології ОНУ імені І. І. Мечникова. Їх попередню підготовку та культивування здійснювали за загальноприйнятими методиками (Зімбро та ін., 2009). Культивування мікроорганізмів для формування асоціацій на щільній поверхні здійснювалось у стерильних полістиролових планшетах впродовж 48 год. Метод для характеристики процесу біоплівкоутворення заснований на здатності барвника кристалічного фіолетового зв'язуватися з клітинами у складі асоціацій, які формуються на межі розділу фаз (О'Тул і Колтер, 1998). На підставі отриманих значень оптичної щільності розраховувався коефіцієнт біоплівкоутворення (КБУ). Морфологічну характеристику досліджуваних асоціацій здійснювали за допомогою камери Canon EOS 750D (Японія) та програмного забезпечення Zen 2 (ZeissEfficient Navigation). Кожний експеримент було проведено тричі, кількість повторів у кожному дорівнювало п'яти. Як показали результати, штами *P. aeruginosa* характеризувались більш інтенсивним формуванням асоціації на щільній поверхні. Так, для *P. aeruginosa* ATCC 27853 та *P. aeruginosa* ATCC 10145 значення КБУ коливались від 4,5 до 5,2. Інші досліджувані не-*aeruginosa* псевдомонади також утворювали біоплівку, але з меншою швидкістю. Для них приріст КБУ за досліджуваний проміжок часу становить лише від 30% до 80% у порівнянні з контролем. При досліджені також здійснювалось візуальне спостереження за розвитком асоціацій на щільній поверхні *in vitro*. Візуально було встановлено, що штами *P. aeruginosa* ATCC 27853, ATCC 15692 та ATCC 10145 впродовж першої доби культивування утворюють повністю зрілу асоціацію з рівномірним нашаровуванням по щільній поверхні. Що стосується *P. chlororaphis* ONU 111 та *P. fluorescens* ONU 110, то для них спостерігався нерівномірний розподіл клітин: більш щільні ділянки, навколо яких виявлялись «прогалини» з меншою кількістю бактерій або за їх відсутністю.

Отже, спостереження за морфологічною структурою асоціацій досліджуваних мікроорганізмів підтверджує відповідні кількісні показники цього процесу. Порівняння інтенсивності утворення біоплівки використаними *Pseudomonas* spp. дозволило розподілити їх на дві групи відповідно до швидкості утворення та рівномірності розповсюдження асоціації по щільній поверхні *in vitro*.

Книр І.[1,2], Коробко М.[1], Архипова В.[1], Солдаткін О.[1], Дзядевич С.[1,2]

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ІММОБІЛІЗАЦІЇ ГЛЮКОЗООКСИДАЗИ НА ПОВЕРХНЮ pH-ЧУТЛИВИХ ПОЛЬОВИХ ТРАНЗИСТОРІВ

[1]Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, вул. Заболотного, 150, м. Київ, 03680, Україна; [2]Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 60, м. Київ, 01033, Україна; e-mail: iraknp125@gmail.com

Knyr I., Korobko M., Arkhypova V., Soldatkin O., Dzyadevych S. INVESTIGATION OF GLUCOSE OXIDASE IMMOBILIZATION METHODS ON THE SURFACE OF PH-SENSITIVE FIELD-EFFECT TRANSISTORS. This study compares three methods of immobilization of glucose oxidase on surface of pH-sensitive field-effect transistors for glucose detection. The influence of the enzyme manufacturer on the biosensor's performance has been evaluated. The results showed that both the immobilization method and the origin of the enzyme significantly affect sensitivity and stability. Each enzyme preparation required individual optimization conditions. The results obtained are important for improving the design of biosensors and developing reliable and cost-effective glucose monitoring systems.

Глюкоза є ключовим біомаркером у клінічній діагностиці, зокрема для виявлення та контролю цукрового діабету й інших метаболічних порушень. Регулярний моніторинг її концентрації необхідний для корекції терапії та профілактики ускладнень. Традиційні методи визначення (спектрофотометричні ферментативні аналізи, високоефективна рідинна хроматографія) забезпечують високу точність, однак потребують дороговартісного обладнання, кваліфікованого персоналу та тривалої пробопідготовки.

Біосенсорні системи є перспективною альтернативою традиційним методам, оскільки дозволяють проводити швидкий аналіз без складної підготовки зразків, можуть бути мініатюризовані для портативного використання та мають значно нижчу вартість порівняно з класичними лабораторними методами, що робить їх доступними для широкого застосування, зокрема в персональних системах моніторингу.

Метою роботи було порівняння трьох методів іммобілізації глюкозооксидази (ГОД) на поверхню транзисторів: ковалентного зшивання у краплі розчину глутарового альдегіду (ГА), іммобілізації в насичених парах ГА та фотополімеризації у матриці PVA/SbQ під дією УФ-випромінювання. Окремим завданням дослідження була оцінка впливу походження та джерела ферменту на аналітичні характеристики біосенсора із використанням ГОД від різних виробників: Sigma, Genzyme, Fluka та Львівського заводу дріжджів (ЛЗД).

Проведені дослідження показали, що аналітичні характеристики біосенсора визначаються не лише обраним методом іммобілізації, а й індивідуальними властивостями препарату фермента. ГОД Sigma демонструвала найвищу чутливість при зшиванні в краплі ГА, тоді як ГОД Genzyme – при іммобілізації в парах ГА. ГОД виробництва ЛЗД забезпечувала стабільний відгук при всіх трьох методах іммобілізації, проте мала нижчу величину відгуку. ГОД Fluka продемонструвала найнижчі аналітичні характеристики незалежно від методу іммобілізації, що свідчить про необхідність подальшої оптимізації умов її іммобілізації.

Отримані результати свідчать, що при розробці біосенсорів необхідно оптимізувати метод іммобілізації не лише стосовно типу ферменту, а й з урахуванням його виробника. Продемонстровано, що один і той самий фермент різного походження може суттєво відрізнятися за ефективністю іммобілізації та функціонування у складі біоселективної мембрани. Отримані дані є важливими для вдосконалення біосенсорних технологій та створення ефективних персоналізованих систем контролю рівня глюкози.

Робота була виконана за підтримки Національного фонду досліджень України в рамках проєкту 2025.07/0161.

Компанієць К., Роман І., Громико О.

РІЗНОМАНІТНІСТЬ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *MICROMONOSPORA* ТА ЇХ ПОТЕНЦІАЛ ПРОДУКУВАННЯ ВТОРИННИХ МЕТАБОЛІТІВ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: kompanieckkarina@gmail.com

Kompaniets K., Roman I., Gromyko O. DIVERSITY OF REPRESENTATIVES OF THE GENUS *MICROMONOSPORA* AND THEIR POTENTIAL FOR PRODUCING SECONDARY METABOLITES. This study aimed to assess the biosynthetic potential of representatives of the genus *Micromonospora* by combining bioinformatic analysis and optimization of cultivation conditions. To clarify the taxonomic position of the studied strains, phylogenetic analysis and average nucleotide identity calculations were used. It was found that soil isolates generally have larger size genomes and more biosynthetic gene clusters than strains from other environments. According to the analysis, cultivation conditions were optimized. In particular, the addition of 5% glucose as a carbon source to the nutrient medium enhanced antimicrobial activity against the test culture.

Резистентність до антибіотиків залишається глобальною проблемою для охорони здоров'я, що зумовлює необхідність пошуку нових сполук. Актиноміцети є ключовим джерелом таких метаболітів завдяки своїм унікальним ферментативним системам, здатним утворювати молекули з широким спектром біологічної активності. Серед них рід *Micromonospora*, другий за поширеністю в класі *Actinobacteria*, привертає значну увагу як перспективна група для дослідження вторинних метаболітів. Представники цього роду відомі синтезом аміноглікозидних антибіотиків, таких як гентаміцин, вердаміцин, сизоміцин та ін. (Hifnawy et al., 2020).

У роботі було проаналізовано 110 геномів актиноміцетів роду *Micromonospora*, інформацію про яких було отримано з баз даних, таких як LPSN (https://lpsn.dsmz.de/) та NCBI Genome (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/). Для встановлення таксономічного положення та еволюційних зв'язків видів було побудовано філогенетичне дерево з підтвердженням результатів через розрахунок середньої нуклеотидної ідентичності, використовуючи вебінструменти REALPHY (https://realphy.unibas.ch/realphy/) та EzBioCloud (https://www.ezbiocloud.net/tools/ani) відповідно. За допомогою вебсервісу antiSMASH (https://antismash.secondarymetabolites.org/) встановлено, що розмір геномів коливається в межах 5,3–8,7 Мб. За результатами проведеного аналізу виявлено, що для видів, ізольованих з ґрунтових середовищ, характерна тенденція до більшого розміру генома і більшої кількості біосинтетичних генних кластерів у порівнянні з іншими ізолятами.

Враховуючи ці результати, подальші дослідження спрямовані на оптимізацію умов культивування, щоб посилити біосинтетичну активність штамів. У ході вдосконалення складу поживного середовища проаналізовано вплив різних джерел вуглецю, серед яких глюкоза у концентрації 5% забезпечила високий рівень антимікробної активності щодо тест-культури.

Косяченко К., Сотникова К., Ганін В.

РОЗРОБКА ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ХЛОРОГЕНОВОЇ КИСЛОТИ

Харківський національний університет іменя В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, Харків, 61022, Україна; e-mail: kosiachenkokristina@gmail.com

Kosiachenko K., Sotnikova K., Ganin V. DEVELOPMENT OF A FLUORESCENT METHOD FOR QUANTIFYING CHLOROGENIC ACID. A fluorescent-based method was developed to accurately quantify chlorogenic acid within casein–polyphenol supramolecular complexes. These complexes enhance the stability and bioactivity of polyphenols, making them promising for use in functional food products.

Хлорогенова кислота (CGA), один з представників поліфенольних сполук, яка має антиоксидантну, протизапальну, антимікробну, гепатопротекторну, антифібротичну активність. У зв'язку з цим її отримання представляє великий інтерес, в тому числі і при отриманні функціональних продуктів харчування. CGA присутня в кавових зернах, яблуках, чорниці, соняшниковому шроті та інших рослинних продуктах. Успіх процесу виділення і подальшого дослідження біологічної активності CGA визначається методами її визначення.

Найбільш поширеним і точним методом визначення кількості CGA є високоефективна рідинна хроматографія і капілярний електрофорез. Однак ці методи вимагають тривалої підготовки зразків і використання дорогого обладнання і не можуть бути експресними, що важливо при розробці нових технологій. Відносно простий і швидкий спектрофотометричний метод визначення CGA має обмежену селективність і вимагає тонкого очищення CGA. Все більш широке застосування в аналітичних методах, в тому числі і визначенні поліфенольних сполук, знаходять методи флуоресценції, або навпаки, ефективність гасіння флуоресценції. Особливий інтерес у цьому відношенні представляє використання карбонових квантових точок. Цей метод поєднує в собі високу чутливість і швидкість аналізу, що особливо перспективно для контролю кількості CGA у функціональних продуктах харчування.

Метою даної роботи є модифікація методу для визначення CGA, яка була виділена з соняшникового шроту і включена в супрамолекулярні комплекси казеїну молозива.

Методика. Синтез карбонових квантових точок (CQDs) на основі фенілефрину здійснювали гідротермальним способом. Інтенсивність флуоресценції отриманих CQDs визначали на спектрофлуориметрі при частоті збудження 363 нм. Максимум світіння фіксували на частоті 457 нм.

Результати. Аналіз зміщення максимуму довжини хвилі залежно від концентрації хлорогенової кислоти в розчині з постійною концентрацією CQDs показав: 1 – що при максимальній концентрації CGA має місце батохромне зміщення на 44 нм. Це є доказом формування комплексів CQDs–CGA, яке супроводжується перебудовою електронних станів утвореного комплексу. 2 – ця залежність не є лінійною і представлена двома ділянками. У діапазоні низьких концентрацій (0,0025 до 0,025 мг/мл) хлорогенової кислоти має місце монотонне зміщення максимуму в довгохвильову область, що вказує на високу чутливість CQDs до хлорогенової кислоти. При збільшенні концентрації CGA має місце «уповільнення» швидкості зміщення максимуму флуоресценції, що може вказувати на кумулятивний ефект в процесі зв'язування і вихід на стаціонарний рівень флуоресценції незалежно від концентрації CGA. Ці результати дозволяють припустити, що для CQDs існує кілька різних центрів зв'язування CQDs з CGA.

Висновки. Вуглецеві CQDs можуть бути використані в якості інформативного сенсора при визначенні концентрації CGA і при дослідженні механізмів комплексоутворення між хлорогеновою кислотою і CQDs. Поряд з цим, великий практичний інтерес представляє дослідження можливого утворення супромолекулярних комплексів між CGA і білками, зокрема казеїном, з метою стабілізації CGA і зміни її біологічної активності.

Лось В., Голуб Н., Горбулінська С.

ОЦІНКА ТОКСИЧНОГО ТА ГЕНОТОКСИЧНОГО ПОТЕЦІАЛІВ БІОНАНОКОМПЛЕКСУ HSA–CDTE НА МОДЕЛЬНОМУ ОБ'ЄКТІ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: veronika.los@lnu.edu.ua

Los V., Holub N., Horbulinska S. ASSESSMENT OF THE TOXIC AND GENOTOXIC POTENTIAL OF THE HSA–CDTE BIONANOCOMPLEX ON THE MODEL ORGANISM *DROSOPHILA MELANOGASTER*. The influence of CdTe QDs and their bionanocomplex with human serum albumin (HSA–CdTe QDs) on fly emergence (toxic potential) and the frequency of dominant lethal mutations (genotoxical potential) on *Drosophila melanogaster* wild type *Oregon R* strain were studied. It was shown that the HSA–CdTe QDs did not demonstrate toxic effects on the development of *D. melanogaster*, unlike CdTe QDs. But neither HSA–CdTe QDs nor CdTe QDs exhibit genotoxic effects. Thus, HSA–CdTe QDs can be considered a promising and relatively safe nanobiotechnological tool for *in vitro* fluorescence bioimaging, For *in vivo* studies this complex can be used in model organisms, but it is not recommended for human.

Кадмій-телуридні квантові точки (CdTe КТ) демонструють тривалу й інтенсивну флуоресценцію, придатність до біофункціоналізації, що зумовлює їх широке застосування в біомедичних дослідженнях і діагностиці. Проте при проникненні у клітини, вони зв'язуються з клітинними макромолекулами і змінюють їхні функції, що призводить до цитотоксичних і генотоксичних ефектів. Тому активно тривають дослідження, спрямовані на зниження їхньої токсичності шляхом кон'югації з біосумісними полімерами, зокрема, з людським сироватковим альбуміном (HSA). Тому метою нашого дослідження було визначення токсичного та генотоксичного потенціалу біонанокомплексу HSA–CdTe КТ як потенційно безпечного інструменту для флуоресцентного біоіміджингу з використанням *Drosophila melanogaster* як модельної системи. Мух культивували в термостаті за температури 25°C в темноті на стандартному живильному середовищі. Розчин наночастинок та біонанокомплекс HSA–CdTe вносили у середовище для личинкового згодовування. Кінцева концентрація CdTe КТ становила $1.5 \cdot 10^{-6}$ моль/л. Для отримання біокомплексу розчин CdTe КТ змішували з альбуміном у співвідношенні 1:1. У контролі використовували 5% розчин глюкози. На підготовлені середовища садили 1–2-денних віргінних самок і самців, яких через 3 дні видаляли. Кожний експеримент проводили в 4-х повторах. Показано, що CdTe КТ достовірно зумовлювали зниження виходу імаго (53%) порівняно з контролем, в той час як обробка біокомплексом HSA–CdTe КТ показала рівень виходу імаго порівняно з контролем 96%, що не було статистично значущим ($p > 0,05$). Отже, комплекс HSA–CdTe КТ не виявив токсичного впливу на розвиток *Drosophila melanogaster*, на відміну від CdTe КТ. Ймовірно, додавання HSA до колоїдного розчину CdTe КТ пригнічує спонтанне вивільнення іонів кадмію з комплексу HSA–CdTe КТ, що призводить до суттєвого зниження їх ембріотоксичного впливу, виявляючи таким чином захисний ефект. Для оцінки генотоксичного потенціалу CdTe КТ та HSA–CdTe КТ було застосовано тест на домінатні летальні мутації (ДЛМ, %), який є ефективним для виявлення значних хромосомних мутацій, що призводять до зупинки розвитку на ембріональних стадіях. Частота ДЛМ ні у групі, обробленій CdTe КТ (3,083 ± 0,073%), ні у групі, обробленій HSA–CdTe КТ (2,75 ± 0,07%), статистично не відрізнялися від контрольної (2,96 ± 0,076%), що свідчить про те, що досліджувані розчини не проявили генотоксичного ефекту.

Отже, HSA–CdTe КТ можна розглядати як перспективний і відносно безпечний нанобіотехнологічний інструмент для флуоресцентного біоіміджингу *in vitro*. Для досліджень *in vivo* цей комплекс може застосовуватися на модельних організмах, однак не рекомендується для використання у людини.

Маркевич С.[1], Громико О.[1], Федоренко В.[1], Тістечок С.[1,2]

БІОСИНТЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА ФІЛОГЕНЕТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ІЗОЛЯТІВ РОДУ *SACCHAROPOLYSPORA* SP. YA 6-223 ТА JE 1-415

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]ТОВ «Експлоджен», вул. Володимира Великого, 16, м. Львів, 79053, Україна; e-mail: solomiya.markevych@lnu.edu.ua

Markevych S., Gromyko O., Fedorenko V., Tistechok S. BIOSYNTHETIC POTENTIAL AND PHYLOGENETIC CHARACTERISTICS OF NATURAL ISOLATES OF THE GENUS *SACCHAROPOLYSPORA* SP. YA 6-223 AND JE 1-415. Natural isolates of the genus *Saccharopolyspora* were investigated for their biosynthetic potential and phylogenetic position. LC–MS analysis of secondary metabolite extracts from strains Ya 6-223 and Je 1-415 revealed putatively novel compounds in Je 1-415, while Ya 6-223 showed peaks probably corresponding to siderochelin C and cafamycin. Phylogenetic analysis based on *gyrB* and *rpoB* gene sequences demonstrated that the isolates are genetically distinct within the genus and may represent potential novel species.

Інфекційні захворювання залишаються однією з провідних причин смертності у світі, однак ефективність антибіотиків поступово знижується через стрімке поширення резистентності. Сучасний клінічний арсенал є обмеженим і не відповідає масштабам загрози. Нещодавно впроваджені препарати здебільшого є похідними від відомих антибіотиків і піддаються тим самим механізмам стійкості. Вже понад три десятиліття не було відкрито та затверджено для клінічного застосування жодного принципово нового антибіотика з іншим хімічним класом чи механізмом дії. Розробка нових антибіотиків є складним, тривалим і затратним процесом, що потребує значних ресурсів та глибоких досліджень. Попри це, пошук нових антибіотичних сполук залишається ключовим напрямом у боротьбі з інфекційними хворобами (Farha, 2025).

Попередні дослідження природних ізолятів актиноміцетів роду *Saccharopolyspora*, отриманих із Колекції культур мікроорганізмів-продуцентів антибіотиків Львівського національного університету імені Івана Франка, засвідчили їхній потенціал у синтезі біологічно активних сполук. У зв'язку з цим було проведено ВЕРХ-МС аналіз метаболітних екстрактів ізолятів *Saccharopolyspora* sp. Ya 6-223 та Je 1-415, а також досліджено їхню філогенетичну спорідненість у межах роду *Saccharopolyspora*. Для отримання екстрактів вторинних метаболітів ізоляти культивували у рідких середовищах GYM та DNPM, після чого здійснювали екстракцію метаболітів етилацетатом із культуральної рідини та сумішшю ацетону й метанолу (1:1) з біомаси. У складі екстрактів ізолята *Saccharopolyspora* sp. Je 1-415 виявлено піки речовин, які за результатами дереплікації мас не мали відповідників у базах даних природних сполук, що може свідчити про їхню потенційну новизну. Натомість в екстрактах ізолята *Saccharopolyspora* sp. Ya 6-223 ідентифіковано піки, що ймовірно відповідають сидерохеліну C та кафаміцину.

Для встановлення філогенетичного положення ізолятів Ya 6-223 та Je 1-415 у межах роду *Saccharopolyspora* було секвеновано фрагменти генів *gyrB* (субодиниця B ДНК-гірази) та *rpoB* (субодиниця β РНК-полімерази). Аналіз послідовності гена *gyrB* показав, що ізолят Ya 6-223 формує спільну кладу з *S. hordei* (штам IFO 15046) із рівнем гомології 100,00%. Для ізолята Je 1-415 найближчими за гомологією до гена *gyrB* виявилися *S. gregorii* (штам BM8-3) – 86,98% та *S. gloriosae* (штам MLY014) – 86,10%. За результатами аналізу гена *rpoB* ізолят *Saccharopolyspora* sp. Je 1-415 є найбільш спорідненим із *S. pogona* (штам NRRL 30141) із рівнем гомології 95,04%, тоді як ізолят Ya 6-223 демонструє найбільшу спорідненість із *S. rosea* (штам A22) – 95,12%.

Отримані дані свідчать про філогенетичну відмінність ізолятів *Saccharopolyspora* sp. Ya 6-223 та Je 1-415 як між собою, так і від інших представників роду *Saccharopolyspora*, що дозволяє розглядати їх як потенційних представників нових видів цього роду.

Нагорняк М.

ВИВЧЕННЯ УСПАДКОВУВАНОСТІ ВМІСТУ ПРОТЕЇНІВ У ГІБРИДІВ БІЛОЗЕРНОЇ КУКУРУДЗИ З МЕТОЮ СТВОРЕННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ ВИСОКОБІЛКОВИХ СОРТІВ

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, вул. Острозького, 32, м. Вінниця, 21100, Україна; e-mail: imnagor@gmail.com

Nahorniak M. STUDY OF THE HERITABILITY OF PROTEIN CONTENT IN WHITE-GRAIN CORN HYBRIDS FOR THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC HIGH-PROTEIN VARIETIES. The paper presents the results of a preliminary analysis of the breeding material of the company "MNAGOR" for the creation of high-protein white-grain corn. Significant genetic variability of the protein content trait among samples of the "M. Ita" series and forms obtained by crossing with sweet corn White Rabbit is shown. The feasibility of using inbred lines and the *Sh2* endosperm mutation to create a white-grain siliceous hybrid with an increased protein content is substantiated.

Кукурудза є однією з провідних зернових культур світу та України, що відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки й розвитку тваринництва. В умовах інтенсифікації аграрного виробництва особливої актуальності набуває підвищення поживної цінності зерна, зокрема його білковості (Лавриненко та ін., 2016).

Одним із найефективніших методів створення нових високопродуктивних форм є гібридизація, що передбачає схрещування ліній-донорів високої білковості з адаптивними та врожайними батьківськими компонентами. Комбінаційна здатність, гетерозисний ефект і подальший добір за показниками врожайності та якості зерна забезпечують можливість поєднання високого вмісту білка з господарськоцінними ознаками. При цьому важливого значення набуває комплексна оцінка генотипів за біохімічними показниками та стабільністю прояву ознаки в різних агроекологічних умовах (Pixley & Bjarnason, 2002). Попередній аналіз експериментального матеріалу компанії «МНАГОР» показав, що селекційна лінія білозерної кукурудзи кременистого типу сорт 52,0 Б/Кр-е-2.3 (зразок № 857) здатна накопичувати до 12,66% сирого протеїну, що на 37% перевищує показники стандартних білозерних гібридів (у гібриду Вайт Корн 9,23%). Аналіз зразків серії «М.Іта» (білого, жовтого та синього забарвлення) продемонстрував стабільний вміст протеїну в межах 8,2–8,8%, тоді як цілеспрямований відбір сорту, який створений на основі схрещування із цукровою кукурудзою сорту Білий Кролик 52,0 Б/Кр-е-2.3 (зразок № 857) та відібрані кременисті форми дозволив вийти на рівень понад 12%. Це підтверджує наявність значної генетичної варіабельності ознаки вмісту білка в наявному колекційному матеріалі.

За допомогою інбредних ліній колекції компанії «МНАГОР» та вихідного матеріалу, зібраного по всій території України, а також із використанням селекції білозерної цукрової кукурудзи із геном мутації *Sh2* із колекції автора, створюється сучасний гібрид білозерної кременистої кукурудзи із високим вмістом протеїну для борошномельної промисловості.

♀ (AABB) – жовта кремениста × ♂ (aabb) – біла, мутація ендосперму гена Sh2.

У першому поколінні (F_1) отримали кукурудзу з генотипом: AaBb – жовту кременисту. У другому поколінні (F_2) отримали стандартне розщеплення за генотипом 1:2:2:4:1:2:1:2:1. Серед отриманих гібридів практичний інтерес мають варіанти із генотипами aaBB – білі кременисті зерна – гомозигота (частота 1/16) та aaBb – білі кременисті гетерозиготні зерна (частота 2/16), тобто варіанти гомозиготні за рецесивним геном білозерності та домінантним геном кременистості.

Застосування методу гібридизації у поєднанні з біохімічним аналізом зерна та використанням маркер-асоційованого добору створює передумови для прискореного формування конкурентоспроможних високобілкових гібридів кукурудзи. У сучасних умовах змін клімату та зростання потреб у високоякісних кормах селекція на підвищений вміст і якість білка набуває стратегічного значення для аграрного сектору України.

Нестеренко Д., Вороніна О.

МІНЛИВІСТЬ КАРІОТИПУ ТА ВІДТВОРНА ЗДАТНІСТЬ КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ ЧОРНО-РЯБОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ ЗА РІЗНОЇ ЧАСТКИ ГОЛШТИНСЬКОЇ СПАДКОВОСТІ

Кафедра цитології, гістології та репродуктивної біології, ННЦ «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна; e-mail: nesterenkodarina.04@gmail.com

Nesterenko D., Voronina O. KARYOTYPE VARIABILITY AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF UKRAINIAN BLACK-AND-WHITE DAIRY COWS WITH DIFFERENT HOLSTEIN ANCESTRY. We evaluated cytogenetic stability in Ukrainian Black-and-White dairy cows differing in Holstein ancestry. Peripheral blood lymphocytes from 40 cows were cultured; 200 metaphase plates were analyzed. Cows were grouped by Holstein blood proportion (75–87.4% vs 87.5–99.9%). Aneuploidy (7.8–8.3%) and chromosome breaks (2.7–2.9%) remained within background values. The micronucleus test revealed higher genomic instability in the high-Holstein group (6.5 ± 0.71‰ vs 3.5 ± 0.46‰; p = 0.0012). Micronucleus frequency moderately correlated with longer service period and higher insemination index (r = 0.31 and r = 0.27).

Тваринництво посідає стратегічне місце в економіці України, забезпечуючи продовольчу безпеку держави та формуючи якість харчування населення. Ефективний розвиток цієї галузі значною мірою залежить від інтенсифікації скотарства та підвищення генетичного потенціалу продуктивності великої рогатої худоби. Хромосомні аберації у великої рогатої худоби можуть знижувати репродуктивну ефективність, тому цитогенетичний контроль доцільно включати в племінну роботу (Holečková et al., 2021; Iannuzzi et al., 2021). Метою було оцінити мінливість каріотипу корів української чорно-рябої молочної породи (Bos taurus) залежно від частки голштинської спадковості у різні фізіологічні періоди відтворення та її асоціацію з показниками відтворення. Досліджено 40 корів ПП «Агрофірма “Лугове”», сформовано дві групи: 75–87,4% (n = 20) і 87,5–99,9% (n = 20) голштинської спадковості. Культивували лімфоцити периферійної крові; проаналізовано 200 метафаз; визначали частоту анеуплоїдії, хромосомних розривів і показники мікроядерного тесту (лімфоцити з мікроядром, двоядерні лімфоцити). Статистичну обробку проводили з використанням t-критерію Стьюдента, кореляційного аналізу (r) та однофакторного дисперсійного аналізу; значущими вважали відмінності при $P < 0,01$.

Частота анеуплоїдії у корів з 75–87,4% і 87,5–99,9% голштинської спадковості становила 7,8 ± 0,34% та 8,3 ± 0,73% відповідно (P = 0,540), а частота хромосомних розривів – 2,7 ± 0,58% та 2,9 ± 0,16% (P = 0,743). Частка лімфоцитів із мікроядрами була достовірно вищою у тварин з більшою часткою голштинської спадковості (6,5 ± 0,71‰ проти 3,5 ± 0,46‰; P = 0,0012). Найвищі показники анеуплоїдії виявлено у корів першої лактації в період тільності (7,5 ± 0,65%), що може відображати підвищену чутливість молодих тварин до хромосомної нестабільності.

Кореляційний аналіз показав слабкий–помірний позитивний зв’язок частоти клітин із мікроядрами з тривалістю сервіс-періоду (r = 0,31) та індексом осіменінь (r = 0,27). Отримані результати свідчать про доцільність використання мікроядерного тесту як простого маркера геномної нестабільності під час добору тварин і прогнозування ризику зниження відтворної здатності. Вплив інших цитогенетичних показників, зокрема частоти хромосомних розривів та асинхронності розщеплення центромірних районів хроматид (АРЦРХ), на відтворні показники у цьому дослідженні був статистично незначущим. Аналіз двох популяцій корів підтвердив, що показники геномної нестабільності та структурні аномалії хромосом асоційовані зі змінами відтворних показників у різні фізіологічні періоди.

Островська Ю., Душна І., Бачинська Б., Матійців Н.

ВПЛИВ ДІЄТ З РІЗНИМ ВМІСТОМ ДРІЖДЖОВОГО ЕКСТРАКТУ ТА САХАРОЗИ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ОСОБИН ДИКОГО ТИПУ ТА МУТАНТІВ ЗА ГЕНОМ *SWS DROSOPHILA MELANOGASTER* ЗА УМОВ ЗГОДОВУВАННЯ НА РІЗНИХ СТАДІЯХ ОНТОГЕНЕЗУ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: yuliia.ostrovska@lnu.edu.ua

Ostrovska Y., Dushna I., Bachunska B., Matiytsiv N. THE EFFECT OF DIETS WITH VARYING YEAST EXTRACT AND SUCROSE CONTENT ON THE VIABILITY OF WILD-TYPE AND SWS MUTANT DROSOPHILLA MELANOGASTER UNDER DIFFERENT ONTOGENETIC FEEDING STAGES. The lifespan under larval and imago feeding conditions was studied. Diet modifications demonstrate a significant yet differentiated impact of dietary composition on the viability of D. melanogaster, depending on the stage of ontogenesis and genotype. These findings highlight the relevance of studying the influence of alimentary factors on mutant survival.

Білок SWS *D. melanogaster* є ортологом нейротоксичної естерази людини (NTE/PNPLA6). SWS відіграє критичну роль у підтримці ліпідного гомеостазу, виступаючи як фосфоліпаза та неканонічна регуляторна субодиниця протеїнкінази А. SWS широко експресується у нервовій системі, де його дисфункція спричиняє нейродегенерацію, та у жировому тілі *D. melanogaster*. Враховуючи інтенсивне формування жирового тіла на личинковій стадії, склад дієти може виступати ключовим фактором фенотипового прояву мутацій у імаго.

Метою роботи було дослідити вплив різних видів дієт при споживанні на личинковому етапі розвитку і стадії імаго на життєздатність мутантних особин sws^1 *D. melanogaster* та лінії дикого типу *Oregon-R*.

Було досліджено тривалість життя при личинковому згодовуванні за таких варіацій дієт: 10% сахароза, 50% сахароза, 1% дріжджовий екстракт і 5% дріжджовий екстракт. Та згодовування імаго дослідних середовищ з пропорціями: 20% сахарози і 1% дріжджового екстракту, 10% сахарози і 5% дріжджового екстракту, 3% сахарози і 5% дріжджового екстракту. Дорослих самців 2-4-денного віку переносили у пробірки та фіксували кількість мертвих особин кожен другий день. Для аналізу кривих виживання застосували тест Log-rank.

За результатами досліджень встановлено, що при споживанні личинками сахарози (10%) мутанти sws^1 демонстрували довшу тривалість життя ($p = 0.0220$*), підвищення концентрації сахарози (50%) спричинило скорочення тривалості життя у мутантів sws^1 ($p < 0.0001$****) та позитивний вплив на лінію *Oregon-R* ($p = 0.0011$**). Вплив концентрації дріжджового екстракту 1% збільшило життєздатність у лінії дикого типу ($p = 0.0273$). При збільшенні вмісту екстракту 5% статистично відмінності не виявлено в обох ліній – sws^1 ($p = 0.1540$), *Oregon-R* ($p = 0.5035$). При згодовуванні дорослим особинам сахарози (20%) спостерігали більшу тривалість життя у лінії *Oregon-R* ($p = 0{,}0230$*). Дріжджовий екстракт (5%) зменшував життєздатність обох ліній – *Oregon-R* ($p < 0{,}0001$*****), мутанти sws^1 ($p = 0{,}0002$****), такий ж вплив мало зменшення сахарози (3%) та збільшення кількості дріжджового екстракту (5%) – *Oregon-R* ($p < 0{,}0001$*****), мутанти sws^1 ($p < 0{,}0001$*****).

Отже, дослід демонструє значущий, проте диференційований вплив складу дієт на життєздатність *D. melanogaster* залежно від стадії онтогенезу та генотипу, що зумовлює актуальність вивчення впливу аліментарних чинників.

Осьміловська О., Ведибіда О., Денека М., Ющук О.

ВПЛИВ ІНСЕРЦІЙІНОГО НОКАУТУ ГЕНА *adpA* НА МОРФОГЕНЕЗ І ПРОДУКЦІЮ ХЛОРОТРИЦИНУ У ІЗОЛЯТІ *STREPTOMYCES* SP. LEO-V104

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: oleksandr.vedybida@lnu.edu.ua

Osmilovska O., Vedybida O., Deneka M., Yushchuk O. THE IMPACT OF THE *adpA* GENE INSERTIONAL KNOCKOUT ON MORPHOGENESIS AND CHLOROTHRICIN PRODUCTION IN *STREPTOMYCES* SP. LEO-V104. AdpA is a key global transcriptional regulator that coordinates morphological differentiation and secondary metabolism in *Streptomyces*, and its coding sequence typically contains a rare TTA codon decoded by the developmentally regulated tRNA BldA. Genome analysis of *Streptomyces* sp. LEO-V104, isolated from urban soil in Lviv, identified an *adpA* ortholog lacking the canonical TTA codon; an insertional knockout mutant (LEO-V104 *adpA*::pKO_AA) was generated to assess functional consequences. The mutant exhibited delayed morphological differentiation on several ISP media and SFM, but showed no detectable change in antibiotic production (assayed by agar-block bioassays against *Bacillus subtilis* and *Escherichia coli*), indicating that *adpA* in LEO-V104 retains its role in morphogenesis but not in regulating antibiotic output under the tested conditions.

AdpA є одним із важливих глобальних транскрипційних регуляторів, який активує і синхронізує початок морфологічної диференціації і продукції вторинних метаболітів у представників роду *Streptomyces*. Кодуюча послідовність гена *adpA* містить консервативний і рідкісний TTA кодон, який зчитується лейциновою тРНК (BldA). Однією з особливостей BldA є те, що BldA починає накопичуватися на пізніх стадіях розвитку видів з роду *Streptomyces*. Таке пізнє накопичення BldA зумовлює пізню експресію гена *adpA*. Дотепер всі досліджені представники роду *Streptomyces* містили в кодуючій послідовності *adpA* такий кодон. Проте аналіз генома штаму *Streptomyces* sp. LEO-V104, виділеного з прибудинкового ґрунту в міській забудові Львова виявив присутність ортолога *adpA*, що не містив рідкісний TTA кодон. Було цікаво дослідити, чи *adpA* в LEO-V104 зберігає свою функцію як глобальний регулятор морфогенезу і продукції антибіотиків. Для цього сконструйовано суїцидний вектор pKO_AA, що несе 710 п.н. відкритої рамки зчитування *adpA*. Очікувалося, що при перенесенні такого вектора в клітини LEO-V104 відбудеться його інтеграція в геном за допомогою первинного кросинговеру, руйнуючи рамку зчитування *adpA*.

Отриманий штам LEO-V104 *adpA*::pKO_AA був висіяний на агаризовані середовища ISP1, ISP2, ISP3, ISP4, ISP5, ISP6, ISP7 і SFM у визначені точки через кожні 24 год впродовж 120 год, що дало змогу диференційно проінкубувати кожну точку з метою виявити зміни у морфологічній диференціації штаму. Після інкубування посівів було виявлено, що у порівнянні з диким типом (LEO-V104) штам з інсерційним нокаутом гена *adpA* (LEO-V104 *adpA*::pKO_AA) мав повільнішу морфологічну диференціацію на агаризованих середовищах ISP1, ISP2, ISP3, ISP4, ISP5 і SFM. Для виявлення змін у продукції антибіотиків (LEO-V104 є потенційним продуцентом хлоротрицину) було використано метод біотестів з агаровими блоками з використанням двох тест-культур, а саме Грам-позитивної (*Bacillus subtilis* HB0950) і Грам-негативної (*Escherichia coli* DH5α). Після інкубування чашок з біотестами впродовж 24 год при 37°C виявилось, що інсерційний нокаут гена *adpA* не вплинув на продукцію хлоротрицину на всіх досліджуваних середовищах у порівнянні з диким типом.

Отже, отримано підтвердження того, що ортолог *adpA* в *Streptomyces* sp. LEO-V104 хоч і не містить рідкісного TTA-кодону, але зберігає функціональну роль в морфологічній диференціації штаму, але не продукції антибіотиків.

Пінчук С.[1,2], Мироновський М.[3], Лужецький А.[3], Тістечок С.[1,2]

ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ ГЕНА *mphR(A)* У *SACCHAROPOLYSPORA ERYTHRAEA* ТА ЙОГО ПОТЕНЦІАЛ У СКРИНІНГУ ШТАМІВ З ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ СИНТЕЗУ ЕРИТРОМІЦИНУ

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]ТОВ «Експлоджен», вул. Володимира Великого, 16, м. Львів, 79053, Україна; [3]Саарландський університет, м. Саарбрюккен, 66123, Німеччина; e-mail: svitlana.pinchuk@lnu.edu.ua

Pinchuk S., Myronovskyi M., Luzhetskyy A., Tistechok S. FUNCTIONAL ANALYSIS OF THE *mphR(A)* GENE IN *SACCHAROPOLYSPORA ERYTHRAEA* AND ITS POTENTIAL FOR ERYTHROMYCIN OVERPRODUCERS SCREENING. Here, a transcription factor-based biosensor employing the macrolide-responsive regulator MphR was developed to enable efficient selection of erythromycin overproducers. A cassette comprising codon-optimized *mphR(A)* and the apramycin resistance gene *aac3(IV)* under MphR control was constructed and validated in streptomycetes. Transfer of the system into Saccharopolyspora erythraea and subsequent UV mutagenesis coupled with biosensor-guided selection resulted in mutants with enhanced erythromycin production, confirming the utility of the MphR-based platform for strain improvement.

Еритроміцин, вторинний метаболіт актиноміцета *Saccharopolyspora erythraea*, є макролідним антибіотиком широкого спектра дії, що активно застосовується в медичній практиці. Так як існуючі штами-продуценти еритроміцину не досягли межі свого біосинтетичного потенціалу, дослідження, спрямовані на їх оптимізацію, досі представляють інтерес. Спонтанний мутагенез традиційно використовується як інструмент покращення продуктивності мікроорганізмів, однак його суттєвим обмеженням є необхідність трудомісткого скринінгу великої кількості мутантів. Ефективним підходом до вирішення цього аспекту є застосування транскрипційних біосенсорів, які базуються на алостеричному зв'язуванні цільового метаболіту з регуляторним білком та забезпеченні характерної селективної відповіді.

У цьому контексті, як регуляторний елемент біосенсорної системи, розглядається білок MphR. Оригінально, MphR – репресор фосфотрансферази, що кодується геном *mphA* та забезпечує стійкість до макролідів у *Aeromonas hydrophila*. Зв'язування еритроміцину індукує конформаційні зміни регулятора, що призводить до його дисоціації з промотором гена фосфотрансферази та активації його транскрипції. З цією метою було сконструйовано генетичну касету, що містила ген стійкості до апраміцину *aac3(IV)* під регуляторним контролем оптимізованого гена *mphR(A).* Отриману конструкцію було клоновано у вектор pHET152 та інтегровано у геном *Streptomyces albidoflavus Del14*. Виявлення апраміцинрезистентності штаму в присутності макроліду підтвердило функціональність системи та ефективність репресії промотора регуляторним білком. Далі вектор pHET152 *mphR(A)* було перенесено до цільового штаму *S. erythraea* B16947. Штам зберігав здатність до росту за концентрації апраміцину 20 мкг/мл, однак при 100–200 мкг/мл ріст не спостерігався. Наступним кроком штам *S. erythraea* pHET152 *mphR(A)* використали для скринінгу мутантів із підвищеним синтезом еритроміцину. Підібравши оптимальний час УФ-опромінення (40–50 с), здійснили мутагенез та пошук мутантів *S. erythraea* pHET152 *mphR(A),* які здатні виживати на середовищі з апраміцином 100 мкг/мл. Виявили, що отримані мутанти *S. erythraea* pHET152 *mphR(A)* мають підвищений рівень синтезу еритроміцину в порівняні з диким типом.

Таким чином, у роботі було показано успішне функціонування регуляторного білка MphR у клітинах S. *erythraea* та його потенціал у селективному скринінгу штамів з підвищеним рівнем синтезу еритроміцину.

Плигун В., Шпильчин В., Антонюк М., Терновська Т.

БІОІНФОРМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ГЕНЕТИЧНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ, ЗАЛУЧЕНИХ У ФОРМУВАННЯ ОПІРНОСТІ ПШЕНИЦЕВИХ ДО ФУЗАРІОЗУ

Національний університет «Києво-Могилянська академія»,
вул. Сковороди, 2, м. Київ, 04655, Україна; e-mail: v.plyhun@ukma.edu.ua

Plyhun V., Shpylchyn V., Antonyuk M., Ternovska T. This study investigates potential *Fusarium* spp. resistance genes in the synthetic amphidiploid *Triticum miguschovae* Zhir. to facilitate their future introgression to hexaploid wheat. Through bioinformatic analysis of candidate genes (*TaHRC*, *GST*, *TaWRKY*, *Chi*, and *TaGluD*), sequence variability was evaluated, and specific primers were designed for *TaHRC*, *TaWRKY41*, chitinase, and glucanase genes to enable further molecular screening and genetic identification.

Опірність пшениці м'якої до фузаріозу, збудниками якого є низка видів грибів з роду *Fusarium*, визначається як складна полігенна ознака (Ma, 2025). Прикладом стійкого до фузаріозу генотипу пшениці є штучний гексаплоїдний амфідиплоїд пшениця Мігушової (*Triticum miguschovae* Zhir.), яка отримана від схрещування тетраплоїдного виду *T. militinae* (A^bA^bGG) та диплоїда *Aegilops taucshii* (DD) (Жиров, 1980). *T. miguschovae* Zhir. можна розглядати як потенційне джерело генів стійкості до захворювання з метою їхнього перенесення до геному пшениці м'якої. Успіх цього процесу напряму залежить від ідентифікації генетичних послідовностей, задіяних у формуванні стійкості, під час інтрогресивних схрещувань.

Для біоінформатичного аналізу було обрано гени-кандидати, залучені у формування опірності до фузаріозу, які ідентифіковано в геномі пшениці м'якої і близькоспоріднених видів. Це ген з локусу, який пов'язують зі стійкістю до фузаріозу колосу (*Fusarium* head blight), *Fhb1* (Su, 2019): *TaHRC*, залучений у регуляцію кальцієвого сигналінгу. Делеція в цьому гені зумовлює стійкість до фузаріозу. Іншим кандидатом є ген з локусу *Fhb7* (Shen, 2004): *GST*, що кодує фермент глутатіон-S-трансферазу, який задіяний у процесі детоксикації інфікованої грибом клітини. Транскрипційні фактори (Ma, 2025), які кодують гени *TaWRKY,* також можна розглядати як такі, що запускають каскад захисних реакцій при атаці гриба і, відповідно, залучені у формування опірності рослини до фузаріозу. Гени *Chi*, *TaGluD*, що кодують ферменти хітиназу та глюконазу, відповідно, сприяють процесу руйнування компонентів клітинної стінки патогена. Вважається, що підвищений рівень експресії цих генів позитивно корелює зі стійкістю до *Fusarium* spp. (Ma, 2025).

Послідовності обраних генів-кандидатів було ідентифіковано в базі даних GeneBank NCBI. За допомогою алгоритму nBlast було проведено попарне вирівнювання кожної з послідовностей відносно наявних. Отримані подібні послідовності до кожного з перелічених вище генів піддавали множинному вирівнюванню за допомогою алгоритму Clustalw та порівнювали в програмах GeneDoc (критерій Колмогорова-Смирнова) та DNAsp6 (критерій Тадзіми). Послідовність, що належить локусу *Fhb1* (ген *TaHRC*) виявилася варіабельною: у стійких до фузаріозу генотипах була ідентифікована делеція розміром близько 820 нуклеотидів, що захоплює весь інтрон 2 і частину екзону 3 гена. Прикметно, що чутливі генотипи не мають такої делеції і для них характерне явище утримання інтрону 2 в кодуючій послідовності (Su, 2019). За допомогою програми Primer3Plus було створено праймери до найменш варіабельної ділянки цього гена та до послідовності, яка потенційно може входити до складу делеції. Аналіз послідовностей з локусу *Fhb7* продемонстрував надзвичайно високу варіабельність, тому з роботи його виключили. Що стосується генів *TaWRKY*, була підібрана пара праймерів до консервативної ділянки послідовності гена *TaWRKY41.* Проаналізовані послідовності, що кодують ферменти хітиназу (близько 1000 п.о.) і глюконазу (близько 4000 п.о.) виявилися досить консервативними, відповідно, були підібрані праймери до трьох ділянок (для глюконази) і для однієї ділянки всередині гена для хітинази.

Руденко М., Лебідь-Білецька К., Божков А.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПОТЕНЦІЙНИХ БІОМАРКЕРІВ ДЛЯ РАННЬОЇ ДІАГНОСТИКИ РАКУ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
пл. Свободи 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: mylana.rudenko@student.karazin.ua

Rudenko M., Lebid-Biletska K., Bozhkov A. IDENTIFICATION OF POTENTIAL BIOMARKERS FOR EARLY DIAGNOSIS OF BREAST CANCER. Transcriptome data from tumor and normal breast tissue were analyzed and 1658 differentially expressed genes were identified. A final panel of 30 biomarkers was selected, including LEP, ADIPOQ, PPARG, EPCAM and ACACB. Functional analysis revealed their involvement in lipid and carbohydrate metabolism, hypoxia response and key PPAR and PI3K signaling pathways. Heatmap expression confirmed a clear separation between tumor and normal samples, highlighting the diagnostic value of the panel.

Рак молочної залози й надалі посідає провідні позиції за рівнем захворюваності серед жінок у світі, а високий рівень летальності значною мірою зумовлений пізньою діагностикою. Метою роботи був пошук генетичних маркерів для раннього виявлення захворювання. Після комплексної обробки транскриптомних даних сформовано панель найбільш інформативних генів, на основі якої створено нейромережеву модель, ефективність якої оцінювали сучасними статистичними підходами та методами машинного навчання.

У дослідженні використано публічний транскриптомний набір GSE15852 із бази Gene Expression Omnibus (GEO), що включає 86 зразків тканини молочної залози (43 пухлинні та 43 нормальні). Аналіз проводився у середовищі R 4.5.2 із використанням пакетів Bioconductor в межах відтворюваного біоінформатичного пайплайну: попередня обробка та контроль якості даних, аналіз диференційної експресії генів, функціональна анотація й біологічна інтерпретація результатів. На основі отриманих даних сформовано панель потенційних біомаркерів, після чого здійснено відбір інформативних ознак методом Random Forest і побудовано класифікаційні моделі з оцінкою діагностичної ефективності та зовнішньою валідацією на незалежному транскриптомному наборі даних.

Диференційно експресовані гени визначали методами limma та edgeR із подальшим функціональним аналізом з використанням баз Gene Ontology та KEGG для виявлення залучених біологічних процесів і сигнальних шляхів. До панелі біомаркерів увійшли LEP, ADIPOQ, ACACB, PPARG, CD24, EPCAM, ANGPTL4, PCDH9, CIDEC, LPL та RBP4. Відбір ознак методом Random Forest підвищив точність класифікації пухлинних і нормальних зразків.

Для перевірки діагностичної цінності панелі створено та оптимізовано багатошарову перцептронну нейромережеву модель для бінарної класифікації транскриптомних профілів. Її ефективність оцінено за допомогою ROC-аналізу та площі під кривою (AUC), що засвідчило високу дискримінативну здатність як на тестовій вибірці, так і при зовнішній валідації.

Виявлені гени пов’язані з регуляцією ліпідного обміну, енергетичного гомеостазу, клітинної адгезії та адаптації до пухлинного мікрооточення, що відображає метаболічну перебудову й порушення сигнальних шляхів на ранніх етапах трансформації. Отримані результати дозволяють розглядати сформовану панель як перспективну молекулярну основу для створення більш чутливих діагностичних підходів із використанням методів машинного навчання.

Стець Б.[1], Бархатова А.[2], Шиманська І.[2], Матійців Н.[1], Макух Г.[1,2]

АНАЛІЗ ЦІЛЬОВИХ ГЕНІВ МЕТОДОМ NGS У ПАЦІЄНТІВ З ПІДОЗРОЮ НА СПАДКОВИЙ АНГІОНЕВРОТИЧНИЙ НАБРЯК

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]Науковий медико-генетичний центр «ЛеоГен», вул. Максимовича, 7 Г, м. Львів, 79058, Україна; e-mail: stetsbozhena@gmail.com

Stets B., Barhatova A., Shymanska I., Matiytsiv N., Makuh H. ANALYSIS OF TARGET GENES USING NGS METHOD IN PATIENTS WITH SUSPECTED HEREDITARY ANGIOEDEMA. Panel sequencing of eight patients revealed 3 likely pathogenic variants, 1 variant of uncertain significance (VUS), 1 benign variant, and no variants were detected in three patients. The mutations above are associated with the *SERPING1* and *F12* genes. However, the absence of mutations in these genes in three patients prompted an extended analysis of exome data. As a result of this analysis, secondary findings related to autosomal dominant immunodeficiency were identified in two of them.

Спадковий ангіоневротичний набряк (САН) – це рідкісне аутосомне генетичне захворювання, що проявляється рецидивуючими епізодами набряку шкіри, слизових оболонок та внутрішніх органів. У більшості випадків воно зумовлене мутаціями гена *SERPING1*, які асоціюються із дефіцитом або дисфункцією С1-інгібітора (С1-INH) (Petersen, 2022). Однак описані форми САН із нормальним рівнем С1-INH, пов'язані з варіантами в інших генах. Серед них – F12 (Veronez, 2021). Ці гени беруть участь у регуляції калікреїн-кінінової системи та судинної проникності. Таким чином, САН є генетично гетерогенним захворюванням, це потребує персоналізованого підходу до діагностики та лікування.

Метою дослідження було здійснити аналіз семи генів-кандидатів методом NGS у восьми пацієнтів із підозрою на спадковий ангіоневротичний набряк.

У межах дослідження було створено реєстр пацієнтів з діагнозом САН I–III типів. Створено кастомну панель з семи генів, для яких описано роль в розвитку САН (*SERPING1, F12, PLG, ANGPT1, KNG1, MYOF, HS3ST*) для тестування методом NGS. Було проведено секвенування цих генів у 8 обраних пацієнтів для встановлення спектру генів та їх патогенних варіантів. ДНК виділяли з лейкоцитів периферичної крові автоматизованим методом із використанням магнітно-сорбційної технології MagCore. Секвенування екзому виконували на платформі MiSeq (illumina) з використанням комерційного набору Illumina DNA Prep with Enrichment та кастомної панелі генів (Illumina). Біоінформатичний аналіз проводили в програмі Emedgene. Класифікацію виявлених варіантів виконували згідно з критеріями ACMG (Richards, 2015).

У результаті проведеного дослідження виявлено два ймовірно патогенні варіанти (class 4) в гені *SERPING1* (c.1417G>A та c.1168_1175dup), що відповідають класичній формі САН I. Крім того, у межах даного гена виявлено варіант невизначеного значення (VUS) c.821C>A та один доброякісний варіант c.142A>G. Серед нашої вибірки є особа з діагнозом САН III, в якої виявили ймовірно патогенний варіант в сайті сплайсингу c.1681-1G>A в гені *F12*. У трьох пацієнтів патогенних або ймовірно патогенних змін у досліджуваних генах не виявлено.

Отже, у 4 з 8 досліджуваних осіб виявлено ймовірно патогенні варіанти у гені *SERPING1* (САН I/САН II), у 1 виявлено ймовірно патогенний варіант у гені *F12* (САН III), у 3 осіб не виявлено жодних патогенних, ймовірно патогенних чи варіантів невизначеного значення в межах досліджуваних генів. Глибокоінтронні ділянки не досліджувалися. Це може підтверджувати генетичну гетерогенність спадкового ангіоневротичного набряку та наявність інших генів, які спричиняють САН. Отримані результати демонструють діагностичну цінність секвенування даних генів та важливість поглибленого вивчення.

Струк О., Роман І., Громико О.

ВИДІЛЕННЯ ТА ФІЛОГЕНЕТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РІДКІСНИХ РОДІВ АКТИНОМІЦЕТІВ З ТЕХНОГЕННО ЗМІНЕНИХ ҐРУНТІВ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: okstruk2602@gmail.com

Struk O., Roman I., Gromyko O. ISOLATION AND PHYLOGENETIC CHARACTERIZATION OF RARE ACTINOMYCETES FROM TECHNOGENICALLY ALTERED SOILS. This study aimed to determine the optimal cultivation methods for isolation of poorly described acidotolerant actinomycetes from extreme conditions of mine wastes. For this purpose, medium modification and pH range selection were used. As a result, three isolates were obtained. Phylogenetic analysis showed that they belonged to the genera *Nocardia*, *Amycolatopsis*, and *Phaeacidiphilus.*

Актиноміцети – важлива група прокаріотів, яка вже понад 100 років є об'єктом біотехнологічних досліджень, оскільки вони важливі продуценти різноманітних метаболітів: антибіотиків, ферментів та вітамінів (Selim et al., 2021). Однак, все частіше дослідники перевідкривають вже відомі таксони, що ускладнює та здорожчує пошук нових метаболітів (Tiwari et al., 2011). Одним зі способів подолання цієї проблеми є виділення актиноміцетів з екстремальних біотопів. Одним із таких середовищ є сильно забруднені та бідні на поживні речовини відвали шахт. В таких умовах мікроорганізми розвивають стійкість до важких металів і часто здатні акумулювати їх, відіграючи важливу роль у біоремедіації, окремі штами можуть також деградувати ароматичні сполуки чи синтетичні полімери, що робить такі бактерії важливими для інноваційного розвитку. Актиноміцети виділяли шляхом посіву десяткових розведень суспензії зразку породи з відвалів шахти Візейської (Сілець, Львівська область) на модифіковане середовище R2A (у перерахунку на літр: дріжджовий екстракт – 0,5 г; пептон – 0,5 г; пролін – 0,5 г; глюкоза – 0,5 г; піруват натрію – 0,3 г; K_2HPO_4 – 0,3 г; $MgSO_4$ – 0,1 г), в яке додатково додавали по 0,5 г/л целюлози та крохмалю, зі значенням pH 5,5 та вирощували при 28°C. Після двох тижнів інкубації було відібрано три ізоляти, які мали характерний для актиноміцетів ріст. Виділення ДНК проводили методом висолювання за стандартним протоколом (Guimaraes, 2018). Для нагромадження та подальшого секвенування гену 16S рРНК використовували праймери 8F та 1510R, ПЛР проводили за стандартними методиками. Аналіз генетичної спорідненості проводили за допомогою дата-бази NCBI BLAST. Філогенетичне дерево за принципом максимальної подібності (ML) будували в програмі MEGA 12 (Tamura et al., 2024). Оскільки більшість скринінгових програм спрямовані на виділення нейтрофільних актиноміцетів, в нашій роботі ми зосередились на ацидофільних штамах, оскільки такі умови є характерними для відвалів шахт. В результаті ми змогли виділити три ацидофільні штами. Аніліз гену 16S рРНК показав приналежність штаму Viz 22-4 до роду *Nocardia*, продуцентів біологічно активних сполук, зокрема, набсцесинів (похідних амілоциклітолів-складників аміноглікозидних антибіотиків) та іноханалактонів (гамма-бутиролактонів) (Hara, 2024). Штам Viz 22-5 було віднесено до роду *Amycolatopsis,* представники якого є джерелом поліфенолів, макролактамів, глікопептидів та інших вторинних метаболітів (Song et al., 2021). Штам Viz 22-6 було віднесено до роду *Phaeacidiphilus,* рідкісного роду, який нещодавно був описаний, та станом на зараз містить тільки один вид (Madhaiyan et al., 2022). Організми, генетично найбільш споріднені з *N. concava*, *A. Echigonensis* та *P. oryzae* відповідно. Наступними кроками нашої роботи стане всебічна характеристика цих штамів та перевірка їхнього метаболітичного потенціалу.

Тис К., Литвинко І., Клепач Г.

ОЦІНКА ГЕНОТОКСИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОВЕРХНЕВОЇ ВОДИ РІЧКИ ПОБУК У ЗОНІ УРБОГЕНТНОГО ВПЛИВУ МІСТА ДРОГОБИЧА

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Шевченка, 23, м. Дрогобич, 82100, Україна; e-mail: kateryna.tys@dspu.edu.ua

Tys K., Lytvynko I., Klepach H. ASSESSMENT OF THE GENOTOXIC POTENTIAL OF THE POBUK RIVER SURFACE WATERS IN THE URBAN IMPACT ZONE OF DROHOBYCH. The genotoxic potential of surface waters in the Pobuk River (Drohobych) was assessed using the *Allium* test. Anaphase-telophase analysis revealed that chromosomal aberration frequencies remained within control levels, indicating the genetic safety of the water and an absence of genotoxic risks to the aquatic ecosystem under current anthropogenic pressure.

Останніми роками актуальною є проблема оцінки генотоксичного потенціалу поверхневих вод малих річок, що протікають у межах урбанізованих територій через значну забрудненість продуктами антропогенної діяльності водних і прибережних екосистем. До таких водних об'єктів належить річка Побук (Серет), яка протікає через м. Дрогобич (Львівська область, Україна) та зазнає значного антропогенного навантаження. За даними відкритих джерел, основними чинниками погіршення екологічного стану річки є комунально-побутові стоки, несанкціоновані скиди та накопичення побутових відходів у прибережній зоні (Задорожній, 2021). Забруднені едафотопи втрачають фільтраційні та буферні властивості, що сприяє вторинному забрудненню поверхневої води та порушенню її біологічних функцій (Гродзинський, 2006). У зв'язку з цим доцільним є застосування методів біотестування, зокрема *Allium*-тесту як інформативного інструменту оцінки генотоксичного потенціалу комплексу забруднювальних речовин поверхневої води річки Побук.

Метою дослідження є оцінка генотоксичного потенціалу поверхневої води річки Побук у зоні урбогентного впливу міста Дрогобича із застосуванням методу біотестування (*Allium*-тесту). Зразки поверхневої води річки Побук було відібрано в трьох антропогенно-навантажених локаціях річки у середині жовтня 2025 р. за умов сухої погоди. Для комплексної екотоксикологічної оцінки стану водного об'єкта визначали органолептичні (запах, мутність, кольоровість) та основні фізико-хімічні (pH, електропровідність, вміст солей (SAL) і розчинених твердих речовин (TDS)) показники зразків води з використанням стандартних методик. Генотоксичний потенціал зразків поверхневої води оцінювали анафазно-телофазним методом у *Allium*-тесті як описано (Klepach, 2021). Фітотоксичний потенціал зразків води оцінювали за ростовою реакцією корінців тест-об'єкту з подальшим визначенням індексу фітотоксичності. Дослідження проводили у триразовій повторності, а отримані дані опрацьовували статистично за використання критерію Стьюдента. Відмінності між групами вважали достовірними при $p<0,05$. За результатами анафазно-телофазного аналізу встановлено, що за впливу досліджуваних зразків води частота хромосомних аберацій у клітинах кореневої меристеми тест-об'єкту складала (4–6%) та достовірно не перевищувала контрольних значень, вона була близькою до природного рівня (2–5%) для всіх досліджених локацій. Це свідчить про генетичну безпеку поверхневої води річки Побук та відсутність у її складі забруднювачів з генотоксичною дією. Водночас, органолептично було виявлено жовтувате забарвлення досліджуваних зразків води, їхню слабку мутність і наявність виразного болотного та гнильного (фекального) запахів, інтенсивність яких зростала вниз за течією річки в межах урбанізованої території, що вказує на присутність у їх складі забруднювачів антропогенного та органічного походження. За результатами ростового *Allium*-тесту, водночас, було зафіксовано слабку (10%) та середню (20,05%) фітотоксичність досліджуваних зразків води, яка проявлялася у помірному пригніченні росту корінців тест-об'єкту (у 1,11–1,25 рази порівняно з контролем) без порушення їх морфології та тургесценції. Таким чином, виявлені негативні зміни якості поверхневої води річки мають токсичну, але не генотоксичну дію. Отож наявний рівень антропогенного навантаження на річку Побук у межах даної урбоекосистеми не формує генотоксичних ризиків для водної екосистеми.

Трач М., Цедуляк В.-М., Осташ Б.

STREPTOMYCES ALBIDOFLAVUS J1074 ЯК НОВА МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ adpA-ОПОСЕРЕДКОВАНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО МЕТАБОЛІЗМУ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: mariia.trach@lnu.edu.ua

Trach M., Tseduliak V.-M., Ostash B. *STREPTOMYCES ALBIDOFLAVUS* J1074 AS A NEW MODEL FOR STUDYING adpA-MEDIATED REGULATION OF SPECIALIZED METABOLISM. *Streptomyces* species are producers of bioactive metabolites, yet many of their biosynthetic gene clusters remain cryptic. This study further explores the AdpA regulatory network in *Streptomyces albidoflavus* J1074, following the characterization of the *ΔadpA* mutant. Using pGUS-based reporter systems, we established that AdpA positively regulates its own expression and the *bldN* gene, while the secreted protein gene *3015* remains unaffected. LC-MS analysis of the *Δxnr_4181::hyg* strain revealed a metabolic shift: increased production of butenolides and surugamides B and D, contrasted by a decrease in antimycins and acylsurugamide. These results confirm the complex pleiotropic role of AdpA in coordinating specialized metabolism. These results, combined with the planned creation of an adpA mutant in the Del14 strain with a minimized genome, will allow for a more detailed investigation of the AdpA regulator and the development of a platform for heterologous expression.

Рід *Streptomyces* включає важливі продуценти біологічно активних сполук, зокрема, антибіотики: макроліди, тетрацикліни, аміноглікозиди, глікопептиди, ансаміцини, терпени тощо (Alam, 2022). Втім, стрептоміцети все ще значно недооцінені: в їхніх геномах багато криптичних кластерів біосинтетичних генів (КБГ), які не експресуються за звичайних (лабораторних) умов. Для активації таких КБГ можна скористатися глобальними регуляторними генами, серед яких варто виділити *adpA*. Цей плейотропний регулятор впливає на морфологічну диференціацію, зокрема формування повітряного міцелію, із запуском спеціалізованого метаболізму. Відповідно метою роботи є вивчення функції і ролі гена *adpA* (*xnr_4181*) у спеціалізованому метаболізмі *S. albidoflavus* J1074.

У попередній роботі ми сконструювали мутантний штам *S. albidoflavus ΔadpA*. Ген *adpA* (*xnr_4181*) у вихідному штамі *S. albidoflavus* заміщено касетою стійкості до гігроміцину, так отримано делеційний мутант *Δxnr_4181::hyg* із втратою функції цільового регулятора. На основі отриманого штаму, ми вивчали регуляторну мережу AdpA в *S. albidoflavus*. Сконструйовано плазміди на основі pGUS з промоторами генів *adpA* (*xnr_4181*), *3015* (*xnr_3015*) та *bldN* (*xnr_3527*) і встановлено, що AdpA позитивно регулює експресію як власного гена, так і гена *bldN*. Проте виявлено відсутність впливу на ген секретованого білка 3015. Цей штам буде використано для транскриптомного аналізу та ідентифікації регулону AdpA в *S. albidoflavus* J1074. З мутанта екстраговані антибіотики, екстракти проаналізовані за допомогою рідинної хроматографії, спряженої з мас-спектрометрією (LC-MS) в режимах реєстрації позитивних і негативних йонів. Порівнювали такі штами: дикий тип – *S. Albidoflavus* J1074 (SAM2), мутант ΔadpA і комплементований штам – ΔadpA+adpA. В мутанта виявлено підвищення синтезу бутенолідів, шуругамідів B, D і кількох недосліджених сполук та зниження продукції антиміцинів і ацилшуругаміду. Плануємо сконструювати мутант ΔadpA на основі штаму *S. albidoflavus* Del14, який є прямим похідним від J1074, з делецією 14 КБГ. Отримавши такий штам, ми зможемо з'ясувати, яка його регуляторна роль в мінімізованому геномі та чи буде можливість використання такого штаму як шасі для гетерологічної експресії генів. Отож дослідження регуляторної мережі AdpA у *S. albidoflavus* J1074 підтвердило позитивну авторегуляцію і його здатність стимулювати експресію гена *bldN*, водночас не виявивши впливу на ген *3015*. LC-MS мутанта виявив диференційну зміну продукції вторинних метаболітів, зокрема, зростання синтезу бутенолідів і шуругамідів на тлі зниження рівня накопичення антиміцинів. Подальше створення мутанта на базі мінімізованого штаму Del14 дасть змогу дослідити регулон AdpA і оцінити перспективи цього гена для удосконалення J1074 як платформи для гетерологічної експресії.

Шевчук О.[1,2], Кот К.[1], Краснєнков Д.[2], Корчева В.[2], Лахно О.[2]

БІОСУМІСНІТЬ КІСТКОВИХ СКАФОЛДІВ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА МИШАЧІЙ МОДЕЛІ

[1] Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: olha.shevchuk@karazin.ua; [2]Інститут геронтології імені Д. Ф. Чеботарьова, вул. Вишгородська, 67, м. Київ, 04114, Україна; e-mail: ig@geront.kiev.ua

Shevchuk O., Kot K., Krasnienkov D., Korcheva V., Lakhno O. BIOCOMPATIBILITY OF ANIMAL-DERIVED BONE SCAFFOLDS ON MURINE MODEL. Bone scaffolds derived from animal sources offer promising structural and biochemical properties but require thorough decellularization to minimize immunogenicity and maintain extracellular matrix (ECM) integrity. This study aims to develop biocompatible bone scaffolds by mixed decellularization methods. Combination of sonication and Triton X-100 as well as using hypo- and hypertonic solution with Triton X-100 treatment showed promising results in murine subcutaneous model.

Розробка ефективних та біосумісних скафолдів є актуальним напрямом досліджень в галузі тканинної інженерії. Кісткові скафолди тваринного походження мають перспективні структурні та біохімічні властивості, а їх виробництво має низку етичних та фінансових переваг. Однак наразі існує потреба в оптимізації вже існуючих та розробці покращених протоколів децелюляризації кісткової тканини для отримання неімуногенних, придатних для ксенотрансплантації скафолдів. Метою даного дослідження є оцінка біосумісності кісткових скафолдів, отриманих після оптимізації поєднаних протоколів фізичної та хімічної децелюляризації на мишачій моделі.

Губчасту частину стегнової кістки великої рогатої худоби розділено на зразки об'ємом приблизно 1 см^3 та відмито у фосфатно-сольовому буферному розчині протягом ночі (при температурі +4°C) та постійному помішуванні на шейкері (100 об./хв). Для порівняльної оцінки були використані зразки, які піддавалися ультразвуковій обробці у 1% розчині Тритон Х-100 протягом 6 годин та 3 годин. Основою ще одного підходу в обробці кісткової тканини є чергування гіпотонічних та гіпертонічних розчинів з додатковою відмивкою у розчині детергенту (Тритон Х-100), що забезпечує лагідну обробку та краще збереження механічної цілісності матриксу. Ефективність видалення клітин з тканини оцінювали методом кількісного вимірювання залишкової ДНК на основі протоколу виділення фенол-хлороформом. Стандартом, який вказує на ефективну децелюляризацію, вважається вміст екзогенної ДНК менше 50 нг/мг. Для оцінки біосумісності було взято субкутанну модель підшивки зразків самцям віком 23–27 тижнів лінії CD1. На 30/31 день після імплантації проведено некропсію та взято мазки крові на аналіз.

За результатами оцінки залишкової ДНК, протокол з тригодинною ультразвуковою обробкою у розчині детергенту виявився неефективним – рівень ДНК складав 66,9 нг/мг. Пролонгований підхід з використанням ультразвуку є перспективнішим, після 6 годин обробки рівень залишкової ДНК у зразках складав 6,1 нг/мг. Протокол з використанням гіпотонічних та гіпертонічних розчинів у комбінації з відмивкою Тритон Х-100 також продемонстрував якісне видалення чужорідної ДНК (6,6 нг/мг). За результатами некропсії, у всіх дослідних групах тварин відсутні ознаки місцевого некрозу та загального запалення, внутрішні органи не збільшені. Показники кількісного загального аналізу крові (забарвлення за Романовського-Гімза) у мазках в нормі. Загальні показники активності тварин після імплантації зберігались.

Отже, оптимізовані змішані протоколи децелюляризації з використанням ультразвуку або гіпо-/гіпертонічних розчинів у поєднанні з Тритон Х-100 мають ефективні показники видалення клітинного вмісту, а також не викликають гострої імунної відповіді на субкутанній моделі та можуть бути рекомендовані для подальших досліджень на моделях кісткових дефектів.

Bakhmat V.[1], Pyeshkova V.[2,3], Soldatkin O.[1,5], Dzyadevych S.[1,5]

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED FLOW SYSTEM INTEGRATED WITH ELECTROCHEMICAL ENZYME BIOSENSORS

[1]Institute of Molecular Biology and Genetics National Academy of Sciences of Ukraine, Zabolotnogo St., 150, Kyiv, 03143, Ukraine; [2]School of Engineering, University of Warwick, Coventry CV4 7AL, United Kingdom; [3]The Open University, Venables Building, Milton Keynes, MK7 6AA, United Kingdom; [4]National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Prospect Beresteiskyi, 37, Kyiv, 03056, Ukraine; [5]Taras Shevchenko National University of Kyiv, Volodymyrska St., 60, Kyiv, 01601, Ukraine; e-mail: veronikab2406@gmail.com

In recent decades, biosensor technologies have been developing rapidly in response to the demand for simple, rapid, and cost-effective analytical methods suitable for out-of-laboratory applications. Biosensors are characterized by portability, relatively low cost, and the ability to perform measurements directly at sampling sites, making them a viable alternative to conventional laboratory methods for the determination of biomarkers and toxic compounds. Among modern biosensors, electrochemical biosensors are the most widespread and effective class, including amperometric, conductometric, and potentiometric. Given the growing demand for biosensor-based analysis, automation has become an important task for enabling continuous monitoring and minimizing human influence on measurements. Therefore, the development of an automated system integrated with electrochemical enzyme biosensors has been proposed to improve measurement efficiency and reduce direct operator involvement in analytical procedures.

An automated system for biosensor measurements under controlled flow rate conditions was developed, comprising a Plasmon-Pump-8 peristaltic pump, active valves, a flow cell, teflon tubing, and connecting elements. The pump was controlled via a PC. Since a single pump was used to ensure liquid transport, the supply of solutions was regulated by active valves controlling the delivery of working solutions to the biosensor flow cell. Electrochemical transducers consisted of two identical pairs of gold electrodes fabricated by gold deposition onto a ceramic substrate. Urease was used as a model, well-studied, and stable enzyme for the preparation of bioselective elements. The enzyme was immobilized on the electrode surfaces by covalent cross-linking using glutaraldehyde.

Several variants of flow cells were designed and fabricated using 3D printing and laser cutting of acrylic, and the optimal configuration produced by stereolithography was selected. The optimal flow rate was determined to be 100–200 μL/min, at which the standard deviation of the signal did not exceed 5%. The developed system was tested for the determination of urea and several heavy metals (Ag, Zn, Cu, Ni).

The proposed biosensor system was compared with a commercial system equipped with multiple piezoelectric pumps. The developed system demonstrated significantly more stable flow-rate settings and better response reproducibility, which are critically important for biosensor analysis.

Thus, a system integrated with electrochemical biosensors for direct urea determination and inhibitor-based analysis of heavy metal ions was developed and validated. The analytical parameters of the proposed system were compared with those of a commercial system, demonstrating the principal advantages of the developed approach and its applicability for both direct and inhibitor-based biosensor analysis.

The work was supported by the national budget program "Support for priority scientific research and scientific and technical (experimental) developments for the state", program number 6541230.

Bronnikova L.[1,2], **Zaitseva I.**[1]

NEW FORMS OF STABLE CELL LINES OF PLANTS SELECTED USING HEAVY METAL IONS AND THEIR REGENERANTS

[1]*Oles Honchar of Dnipro National University, Nauky Avenue, 72, Dnipro, 49010, Ukraine;*
[2]*Institute of Plant Physiology and Genetics, NAS of Ukraine, Vasylkivska St., 31/17, Kyiv, 03022, Ukraine; e-mail: Zlenkolora@gmail.com*

Global climate change, irreversible soil degradation, and freshwater shortages are calling into question the viability of traditional crops and significantly reducing natural biodiversity. There is a need to obtain plant forms that combine resistance to various stresses with satisfactory economic indicators (Скок, 2022; Вожегова, 2021). Current needs determine the directions of scientific research and stimulate the development of new research methods. Various biotechnological methods combining *in vitro* and *in vivo* manipulations are becoming increasingly important. One such approach is cell selection using heavy metal ions (HMI) to select cell lines and plants with genetic changes (Bapat, 2023; Sergeeva, Mykhalska, 2019).

The systematic approach was tested by adding both cations and anions of heavy metals, namely Ba^{2+} and Cd^{2+} VO^{3-} and WO_4^{2-}, in concentrations lethal to cell cultures. Ba^{2+} and Cd^{2+} were used in the selection of cell lines resistant to osmotic stress. Literature sources indicate that Ba^{2+} significantly affects the movement of K^+ ions. Ba^{2+} cations were used to select cell lines resistant to salinisation (Kovrliza, 2021). Cd^{2+} ions cause a wide range of pathological changes, including affecting the water status of plants (Hung, 2020). For this reason, Cd^{2+} was chosen for the selection of variants resistant to water deficiency. Since salinity and water deficiency are types of osmotic stress, we expected the selected cell lines to exhibit osmotic resistance.

The systematic approach was tested by adding both cations and anions of heavy metals, namely Ba^{2+} and Cd^{2+} VO^{3-} and WO_4^{2-}, in concentrations lethal to cell cultures. Ba^{2+} and Cd^{2+} were used to select cell lines resistant to osmotic stress. Literature sources indicate that Ba^{2+} significantly affects the movement of K^+ ions. Ba^{2+} cations were used to select cell lines resistant to salinisation (Kovrliza, 2021). Cd^{2+} ions cause a wide range of pathological changes, including affecting the water status of plants (Hung, 2020). That is why Cd^{2+} was chosen for the selection of variants resistant to water deficiency. Since salinity and water deficiency are types of osmotic stress, we expected the selected cell lines to exhibit osmotic resistance.

Plants were regenerated from stable cell cultures. The regenerants exhibited the desired characteristics, which may indicate the promise of the proposed approach.

Deneka M., Rebets Y., Ostash B.

EXPANDING THE GENETIC TOOLBOX OF *PSEUDOMONAS PUTIDA* KT2440 VIA HIGH-THROUGHPUT TN5 MUTAGENESIS

Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
e-mail: Maksym.Deneka@lnu.edu.ua

The genus *Pseudomonas* comprises Gram-negative bacteria that colonize diverse ecological niches, ranging from aquatic and terrestrial environments to plant and animal hosts. Among these, *Pseudomonas putida* KT2440 has emerged as a cornerstone species in modern biotechnology. As a certified safety strain, it holds immense potential to drive advancements in the bioeconomy. However, despite being extensively studied, there remains a critical need for efficient and reliable genetic engineering tools tailored for this strain. Consequently, this study aimed to expand the existing genetic toolbox for pseudomonads, with a specific focus on *P. putida* KT2440, to facilitate more predictable and robust strain engineering for biotechnological applications.

Transposon (Tn) libraries serve as crucial tools for generating multiple mutant variants, enabling high-throughput gene function studies and strain optimization. The aim of this work was to develop and test the efficiency of the transposon mutagenesis system for *P. putida* KT2440. For this, the synthetic Tn5 transposon was constructed by flanking the apramycin resistance gene with 19-bp inverted Mosaic End (ME) sequences, which are essential for Tn5 transposase recognition. This engineered DNA molecule was complexed with Tn5 transposase *in vitro*. These transposomes were subsequently introduced into *P. putida* via electroporation. Following transformation, the cells were plated onto selective media, yielding a primary library of over 15,000 apramycin-resistant clones. As a target for initial screening the kanamycin resistance phenotype was chosen. The *P. putida* Tn-library was grown in liquid media supplemented with a sub-lethal concentration of kanamycin. After a 48-hour incubation, cells were harvested and transposon insertion sites were identified via high-throughput sequencing.

Mapping of Tn insertion sites to the genome of *P. putida* clearly demonstrated the even distribution of mutations within the library. In the case of cultures grown in presence of kanamycin, cells with transposon integration into two specific chromosomal loci clearly dominated in the population. The first integration event disrupted the *cyoABCDE* operon, which encodes cytochrome *o*-ubiquinol oxidase, the primary terminal oxidase of the electron transport chain under highly aerobic conditions. Because the cellular internalization of aminoglycosides, such as kanamycin, is strictly dependent on the proton motive force (PMF) generated by respiration, disruptions in terminal oxidases inherently alter membrane energetics. This reduction in the PMF likely decreases the active uptake of the antibiotic, thereby conferring the observed low-level resistance (Lobritz et al., 2015).

A second notable integration associated with kanamycin resistance occurred within the *tatB* gene, a core component of the twin-arginine translocation (Tat) pathway responsible for exporting folded proteins across the cytoplasmic membrane. The Tat system translocates critical proteins, including phospholipases and respiratory enzymes. While disruptions to the Tat system in related species like *P. aeruginosa* are known to result in pleiotropic phenotypes, such as defective biofilm architecture and altered stress responses (Soh et al., 2021), in this context, the alteration of membrane permeability or the failure to correctly export specific membrane proteins likely contributes to the altered aminoglycoside susceptibility.

In conclusion, the constructed *P. putida* Tn5 library proves to be a valuable asset for investigating resistance mechanisms against various antibiotic classes. This approach offers a powerful methodology for uncovering new genetic and metabolic determinants of antibiotic resistance in *P. putida* KT2440.

Dmytriv A., Komarovska-Porokhniavets O., Danylenko S.

EFFICIACY OF PROBIOTIC USAGE ON DEPRESSION AND ANXIETY TREATMENT

Lviv Polytechnic National University, Stepana Bandery St., 12, Lviv, 79005, Ukraine;
e-mail: anastasiia.z.dmytriv@lpnu.ua

Depression and anxiety disorders are among the most common mental health disorders: before the pandemic, approximately 280 million people worldwide had depression and 301 million people worldwide had anxiety disorders. Approximately 5% of the adult population suffered from depression and 4.05% from anxiety disorders. Since the onset of COVID-19, the incidence of both conditions has increased by 27.6% for depression and by 25.6% for anxiety (Asad, 2025). High comorbidity is the rule: nearly half of the depressed patients have an anxiety disorder, and more than half of the patients with an anxiety disorder show depressive symptoms. Because the effectiveness of the therapy with some drugs is limited, many researchers investigate the biological processes that are involved in the mood regulation, especially the gut-brain axis.

The microbiota-gut-brain axis is a bidirectional relationship between the central nervous system and the intestinal microbiome, which harbours approximately 10^{14} microorganisms of the *Firmicutes* and *Bacteroidetes* phyla. Communication between these two organisms occurs via the vagus nerve, the hypothalamic-pituitary-adrenal axis, immune responses, and through the metabolites produced by the microbiota (Toader, 2024). Bacteria can produce many neurotransmitters and neuromodulators, such as GABA, serotonin, acetylcholine, and short-chain fatty acids, which have a number of effects on the brain including reducing neuroinflammation, increasing blood-brain barrier permeability and modulating microglial activity. The tryptophan-kynurenine pathway has also been implicated in the microbiota-gut-brain axis with increased kynurenine to tryptophan ratios being seen in depression.

Limosilactobacillus reuteri is a promising probiotic strain that produces multiple biologically active substances, especially reuterin. Our computational analysis indicates that reuterin exhibits a significant likelihood of psychotropic effects, particularly in the modulation of anxiety, phobic, and depressive states (Pa≈0.868). Additionally, it demonstrates immunomodulatory properties by stimulating macrophageopoiesis (Pa≈0.836) and leukopoiesis (Pa≈0.715), which may theoretically contribute to the attenuation of neuroinflammation, a principal pathogenetic mechanism of depression. The anticipated interaction with redox enzymes and NADPH metabolism (Pa up to ≈0.967) aligns with the role of oxidative stress in the pathogenesis of affective disorders. These data are consistent with previous experimental findings*: L. reuteri* DSM 17938 has been demonstrated to normalize behavioral indicators of depression and anxiety while restoring metabolism in the hippocampus and prefrontal cortex; other strains have been shown to lower corticosterone levels and elevate GABA and serotonin in chronic stress models, in addition to modulating the NLRP3 inflammasome. Adding probiotics to standard treatment makes depression less severe, according to clinical studies (meta-analysis: SMD = −0.44; 95% CI − 0.72…−0.16). This further supports the plausibility of our predicted molecular mechanisms (Medeiros et al., 2021). The results of computer predictions regarding the activity of reuterin and reutericin not only theoretically support the psychobiotic potential of *L. reuteri* but also align with previously published preclinical and clinical data, positioning this strain as a promising adjunct in the complex treatment of depression and anxiety disorders.

The use of probiotics in addition to antidepressants significantly increased the decrease in anxiety and depressive symptoms and improved the state of psychoemotional well-being. Stable effect is observed after 8–12 weeks of regular use of multi-strain probiotics or fermented products (Balasubramanian, 2024). Therefore, probiotics are not used instead of medications for mental disorders, but it is considered to be an effective adjuvant that affects the neuroendocrine, immune and metabolic components of mood regulation through the gut-brain axis.

Hasanzada A.[1], Mammedova N.[2], Bayramova J.[3]

REGULATORY ROLE OF microRNA-125B AND miR-214 IN OVARIAN CANCER-ASSOCIATED MOLECULAR PATHWAYS: A CLINICAL EVALUATION IN THE AZERBAIJANI POPULATION

[1]Department of Molecular Biology, Faculty of SABAH, Baku State University, Baku, AZ1148, Azerbaijan; [2]Department of Molecular Biology, Faculty of SABAH, Baku State University, Baku, AZ1148, Azerbaijan; [3]Department of Molecular Biology and Medical genetic, Azerbaijan Medical University, Scientific Research Center, Baku, AZ1002, Azerbaijan; e-mail: aidahasanovaa@gmail.com, jamilabayramova6@gmail.com, nmemmedovaa234@gmail.com

Epithelial Ovarian Cancer (EOC) remains one of the most lethal gynecological malignancies, characterized by its high mortality rate and complex molecular etiology. MicroRNAs (miRNAs) have emerged as essential post-transcriptional regulators that play critical roles in tumor progression by modulating gene expression (Tao Zhu, Wen Gao, Xi Chen, Ying Zhang, Meijuan Wu, Ping Zhang, Shihua Wang, 2016). Among them, miR-125b and miR-214 have been widely implicated in ovarian carcinogenesis, functioning in a context-dependent manner as tumor-suppressive and oncogenic miRNAs, respectively. These molecules orchestrate pivotal cellular processes, including proliferation, apoptosis, invasion, and the development of chemoresistance. Consequently, this study aims to characterize the expression profiles of miR-214 and miR-125b within the Azerbaijani population, evaluating their opposing regulatory roles to establish a regional genetic baseline and identify potential diagnostic biomarkers.

Within the scope of this study, primary tumor tissues and adjacent normal epithelial tissues (as the control group) were simultaneously collected during surgery from 40 patients diagnosed with EYK. Total RNA was isolated from the collected samples using the miRNeasy Micro Kit (Qiagen, Cat no: 217084). The expression levels of miR-125b and miR-214 in the isolated RNA samples will be analyzed by Real-Time Quantitative PCR (RT-qPCR) using the miRCURY LNA miRNA PCR Assay (Qiagen, Cat no: 339306).

The expression data will be statistically analyzed to compare tumorous versus non-tumorous tissues. By correlating the expression levels with clinicopathological parameters, the study will evaluate the tumor-suppressive potential of miR-125b and the oncogenic activity of miR-214. The findings will be benchmarked against global literature to identify population-specific variations.

This research provides the first comprehensive analysis of these specific miRNA signatures in Azerbaijani EOC patients. The results are expected to contribute significantly to the identification of potential diagnostic biomarkers and the development of targeted therapeutic strategies tailored to the genetic characteristics of the local population.

Havryliuk I., Deneka M., Yushchuk O.

CLONING GLYCOPEPTIDE TAILORING GENES FROM THE SILENT *AMYCOLATOPSIS BARTONIAE* DSM 45807 BIOSYNTHETIC GENE CLUSTER – *aba*

Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
e-mail: iryna.havryliuk@lnu.edu.ua

Glycopeptide antibiotics (GPAs) are nonribosomal peptides that inhibit cell-wall biosynthesis in Gram-positive bacteria. Their biosynthesis is encoded by biosynthetic gene clusters (BGCs). The most important GPA subgroup comprises the dalbaheptides – glycosylated and/or lipidated heptapeptides that bind lipid II with high affinity and thereby block cell-wall synthesis. Although dalbaheptides are clinically effective, resistant pathogens have already emerged, underscoring the need to discover new members of this class. One viable strategy to overcome resistance is the combinatorial biosynthesis of novel GPAs by shuffling glycosyltransferase and other tailoring genes between BGCs.

In our previous work (Stepanyshyn et al., 2024), we characterized a novel BGC identified in *Amycolatopsis bartoniae* DSM 45807 (order *Pseudonocardiales*). This BGC contained an unusually high number of sulfotransferase genes, as well as previously undescribed glycolsyltransferase genes. Unfortunately, this biosynthetic pathway was silent under the conditions tested.

To investigate the roles of these tailoring genes, we adopted a heterologous expression strategy. Specifically, we aimed to clone each tailoring gene under the control of the strong constitutive *ermE** promoter and express it in *Streptomyces toyocaensis* NRRL 15009. This strain is known to produce the non-glycosylated, sulfated teicoplanin aglycone A47934 (Pootoolal et al., 2002). To further optimise this chassis, we previously generated a deletion mutant lacking *staL*, which encodes a sulfotransferase. This strain, *S. toyocaensis* ΔstaL, produces a completely unmodified teicoplanin aglycone, providing an optimal substrate for *in vivo* combinatorial biosynthesis.

In the present work, we cloned the sulfotransferase genes *aba12*, *aba13*, *aba14*, and *aba19*, as well as the glycosyltransferase genes *aba17*, *aba18*, *aba23*, and *aba24*, into the pTES vector under the control of the strong constitutive *ermE** promoter. The resulting recombinant plasmids – pTEABA12, pTEABA13, pTEABA14, pTEABA19, pTEABA17, pTEABA18, pTEABA23, and pTEABA24 – were introduced into *S. toyocaensis* ΔstaL. The next step will be to assess GPA production in these strains and characterise the resulting A47934 derivatives.

Hryshko M.

NETWORK-BASED IDENTIFICATION OF MASTER TRANSCRIPTIONAL REGULATORS OF EMT PLASTICITY USING PUBLIC SINGLE-CELL RNA-SEQ DATA

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Beresteiskyi Avenue, 37, Kyiv, 03056, Ukraine; e-mail: hryshkom80@gmail.com

The epithelial-to-mesenchymal transition (EMT) is a highly dynamic process characterized by cellular plasticity and the presence of intermediate hybrid phenotypes. Identification of master transcriptional regulators governing these transitions is essential for understanding tumor progression and fibrotic remodeling. The aim of this study was to reconstruct gene regulatory networks (GRNs) and identify key transcription factors (TFs) stabilizing hybrid EMT states using public single-cell RNA-sequencing (scRNA-seq) datasets.

The analysis was conducted using scRNA-seq datasets from human lung adenocarcinoma and breast cancer models undergoing TGF-β-induced EMT (GEO: GSE147405, GSE114724). The computational workflow included clustering, pseudotime trajectory inference using Monocle3, and GRN reconstruction via the SCENIC pipeline. Regulon specificity scores (RSS) were calculated to quantify transcription factor activity across epithelial, mesenchymal, and hybrid populations.

A core set of 12 transcription factors demonstrated elevated regulon activity (RSS > 0.45) in hybrid EMT states. SNAI1 and TWIST1 exhibited a progressive increase along the pseudotime axis (log2FC=2.4), whereas SOX4 and ETS2 showed peak activity specifically within intermediate clusters, suggesting a role in maintaining phenotypic plasticity. In silico perturbation of the SOX4 regulon resulted in a 35% reduction in mesenchymal network connectivity, shifting predicted cell states toward epithelial characteristics. Network topology analysis revealed a stabilizing mutual inhibition loop between the miR-200 family and ZEB1, modulated by TGF-β signaling intensity (Orlenko, 2019).

The identified transcriptional signatures provide a mechanistic framework for targeting cellular plasticity in cancer progression. The findings highlight the potential of network-based approaches for resolving transitional states at single-cell resolution and suggest SOX4 as a candidate regulator for future experimental validation in clinical samples (Lambert, 2017).

Huseynova A.

GENOMIC IMPRINTING DEFECTS IN THE 15q11-q13 REGION: BIOMEDICAL IMPLICATIONS OF PRADER-WILLI AND ANGELMAN SYNDROMES

Baku State University, Z. Khalilov St., 23, Baku, AZ1148, Azerbaijan; e-mail: Ms.Ayla2004@gmail.com

Genomic imprinting is a phenomenon where the expression of a gene depends on the parent of origin. Defects in this process known as genomic imprinting defects result in various disorders such as Prader-Willi Syndrome (PWS) and Angelman Syndrome (AS). In this literature-based analytical article I will discuss the molecular and clinical mechanisms underlying both disorders, with particular emphasis on their relevance to neurodevelopmental pathology.

Both syndromes are caused by molecular defects in the 15q11-15q13 regions of chromosome 15. However, loss of paternal gene expression in the mentioned area causes Prader-Willi Syndrome, while loss of maternal gene expression results with Angelman Syndrome (Buiting, 2010).

There are 2 primary mechanisms that account for over 95% Prader-Willi Syndrome cases: paternal deletion and maternal uniparental disomy (mUPD) (Sledzikowska et al, 2026). In paternal deletion the paternal copy of the 15q11-q13 region of chromosome 15 is missing entirely. In the case of maternal uniparental disomy however, the child inherents both chromosome copies from the mother, as such the paternal genes are functionally absent. These genetic subtypes of the PWS while overlapping in certain symptoms, have also shown certain differences: deletion-type PWS is characterized by early-onset emotional dysregulation, anxiety, and compulsive behaviors. mUPD type PWS is associated with a higher risk of mood instability, psychosis-like features, and late-developing mood disorders (Sledzikowska et al, 2026). Recent studies have also determined 3 critical genes within the PWS region that are essential for brain function: SNORD116, MAGEL2, NDN (Sledzikowska et al, 2026). Loss of SNORD116 disrupts alternative splicing and 3D chromatin organization in the brain. MAGEL2 deficiencies are linked to emotional dysregulation and reward-processing issues. Absence of NDN causes problems with neuronal differentiation, axonal growth, and the survival of neurons. All these findings outline the crucial role of the PWS locus in neurodevelopmental regulation.

In the case of Angelman syndrome four primary genetic mechanisms exist: maternal deletion, paternal uniparental disomy, UBE3A mutation, and imprinting defects. These lead to disrupted gene expression and result in intellectual disability, motor dysfunction, and epilepsy (Margolis et al, 2015). Those suffering from a deletion type of Angelman syndrome are known to have more severe impairments in motor milestones, cognitive mental age, and adaptive skills compared to those with the UBE3A mutation (Micheletti et al, 2016). One potential treatment for Angelman syndrome is prenatal testing combined with prenatal treatment, which has a strong potential to significantly reduce symptom severity or even prevent the disorder entirely (Zylka, 2020). By extension, it is possible that similar approaches could benefit patients with Prader–Willi syndrome as well. However, considering the current limitations as well as risk factors, further research is needed for both cases. These observations and findings highlight the biomedical importance of Prader–Willi and Angelman syndromes, as learning how their genes and molecular mechanisms work can help us to develop better treatments, enable earlier diagnosis, and improve patient care.

Nohach Y.[1,2], Rebets Y.[2], Fedorenko V.[1]

SACCHAROPOLYSPORA ERYTHRAEA GENETIC TOOLBOX: FROM INTEGRATIVE VECTORS TO NEW STABLE REPLICATIVE VECTOR

[1]Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
[2]Explogen LLC, Zelena St., 20, Lviv, 79005, Ukraine; e-mail: sidorko668@gmail.com

Microorganisms belonging to the phylum *Actinobacteria* are a major reservoir of natural chemical diversity. Owing to their ability to synthesize a wide range of specialized metabolites, these bacteria have played a central role in the development of compounds used across medical, veterinary, and agricultural applications. Over time, however, classical screening approaches have reached diminishing returns, as discovery efforts increasingly yielded previously identified molecules rather than new structures. Insights gained from large-scale genome analyses have fundamentally changed this view, revealing that actinobacterial genomes encode numerous biosynthetic pathways that remain inactive or uncharacterized under standard laboratory conditions. While *Streptomyces* species account for many known metabolites, growing evidence suggests that phylogenetically diverse and less-studied actinobacteria harbor a comparable, yet largely untapped, biosynthetic potential.

Saccharopolyspora erythraea is widely used in studies of polyketide biosynthesis and in industrial erythromycin production, yet the performance of genetic vectors in this species has not been systematically evaluated. In this work, integrative and replicative vector systems applicable to *Sacch. erythraea* DSM40517 were comparatively analyzed.

Actinophage-derived integrative vectors based on φC31 (pSET152), φBT1 (pRT801), and VWB (pCLY10) were successfully introduced by conjugation. Distinct chromosomal target sites were identified for each system. φBT1- and VWB-based vectors showed integration into single genomic loci, whereas the φC31-derived vector exhibited recombination at multiple chromosomal regions with varying efficiencies. Analysis of vector maintenance demonstrated that all integrative systems undergo excision from the chromosome, indicating that continuous selective pressure is required for stable maintenance in *Sacch. erythraea*.

Replicative plasmids commonly used in *Streptomyces* displayed poor performance in this host. To overcome this limitation, a new conjugative shuttle vector, pYS191, was constructed using a minimal pJV1 replicon. The vector was efficiently transferred into *Sacch. erythraea* and related actinobacteria, maintained at a low copy number under selection, and readily eliminated in the absence of antibiotics, making it suitable for transient genetic applications.

Overall, this study outlines practical characteristics of available vector systems in *Sacch. erythraea* and introduces a new replicative tool that broadens opportunities for genetic manipulation and metabolic studies in this organism.

Pelekh A. [1], **Demkiv O.** [2], **Gonchar M.** [2], **Ostash B.** [1]

STUDIES ON THE PYRANOSE OXIDASE GENE FROM *STREPTOMYCES CANUS* JCM4384

[1]*Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;*
[2]*Institute of Cell Biology of NAS of Ukraine, Drahomanov St., 14/16, Lviv, 79005, Ukraine;*
e-mail: anna.pelekh@lnu.edu.ua

Pyranose oxidase (POx, glucose 2-oxidase; EC 1.1.3.10, pyranose:oxygen 2-oxidoreductase) is a flavin-dependent oxidoreductase, a part of the glucose-methanol-choline (GMC) superfamily of oxidoreductases (Abrera, 2020). POx catalyzes the oxidation of various monosaccharides, such as D-glucose, D-galactose, and D-xylose, at the C-2 position (sometimes also C-3) in the presence of oxygen. The end products of the reaction include the corresponding ketosugars and hydrogen peroxide, derived simultaneously from the oxygen reduction. POx, as a producer of hydrogen peroxide, is thought to contribute to the action of enzymes involved in the breakdown of lignocellulose.

Over the last 25 years, POx enzymes, primarily of fungal origin, have been studied at both biochemical and structural levels due to potential bioelectrochemical and biocatalytic applications. For instance, the usage of POx in biosensors for monitoring substrate concentrations in fermentation processes and measurement of 1,5-anhydro-D-glucitol (1-deoxy-D-glucopyranose, 1,5-AG) in blood serum as a marker of glycemic index and diabetes has been reported (Li, 2023). POx could also be used as a component of biofuel cells for small-scale energy production.

The recently discovered and characterized pyranose oxidases from bacterial sources, such as *Sc*POx, *Ps*POx and *Ka*POx, have demonstrated distinct characteristics. In particular, they lack covalently attached FAD and are either monomeric or dimeric in solution (Kostelac, 2024). These features may provide new opportunities for bioelectrochemical applications.

The aim of this work was to clone the POx gene from *Streptomyces canus* JCM 4384 for the construction of recombinant POx-overexpressing *S. canus* and *S. albidoflavus* (J1074) strains, and further investigations of the regulation of its expression.

We have constructed a plasmid based on the integrative vector pTES by restriction enzyme-based cloning. The *AQI96_RS30555* (*pox)* gene was amplified from *S. canus* genomic DNA and inserted into the pTES vector between XbaI and EcoRI restriction sites under the control of the strong constitutive promoter *ermEp*. Successful cloning was verified by restriction endonuclease mapping and sequencing. The resulting plasmid, designated pTESpoxA1, was conjugatively transferred from *E. coli* ET12567 (pUZ8002) into the streptomycete recipients. The preliminary assays of both recombinant strains revealed traces of POx activity. Interestingly, introduction of pTES alone induces the production of red pigment by JCM4384. We created a library of POx gene sequences of streptomycete origin, which will be used to find regulatory motifs in promoter regions.

Our future work will focus on optimization of cultivation and construction of new expression plasmids and hosts to achieve higher POx activity, as well as *in silico* elucidation of regulation of *pox* expression in streptomycetes.

Rudenko V., Olishkevych V., Stetsyk R., Bahriichuk K., Ostash B.

PROSPECTS FOR RIBOSOME ENGINEERING APPROACHES AS A WAY TO IMPROVE MOENOMYCIN PRODUCTION BY *STREPTOMYCES VIRIDOSPORUS* ATCC14672

Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
e-mail: viktoriia.rudenko@lnu.edu.ua

Streptomyces viridosporus ATCC14672 is known as a producer of phosphoglycolipid antibiotics called moenomycins (MOE), which inhibit peptidoglycan glycosyltransferases in bacteria. The production level of MOE by this strain is approximately 1 mg per 1 L of shaken-flask culture (Ostash, 2010). Such a low yield limits practical development of MOE and makes it necessary to search for overproducing strains. The biosynthetic gene cluster of MOE production (moe BGC) was cloned in 2007 (Ostash, 2010), which allowed researchers to better understand the genetic basis of moenomycin biosynthesis. Ribosome engineering (Zhu, 2019) remains one of the unexplored ways to increase MOE titers by the native producer. This strategy is based on selecting spontaneous mutants that are resistant to antibiotics targeting translation. Mutations responsible for resistance often occur in genes encoding RNA polymerase subunits or ribosomal proteins. These mutations can influence global regulatory systems and, as a result, affect secondary metabolite production. In this study, antibiotic susceptibility testing and classical bacterial genetics methods were used to obtain and analyze mutants of ATCC14672 resistant to antibiotics typically used for ribosome engineering.

The wild-type strain ATCC14672 showed a high level of morphological uniformity. The frequency of atypical colonies on oatmeal agar was approximately 10^{-3}. One morphologically divergent isolate, named L7, produced MOE at the same level as the parental strain. This suggests that changes in colony morphology do not necessarily correspond to changes in antibiotic production. Several antibiotics that inhibit translation, including lincomycin, streptomycin, spectinomycin, thiostrepton, neomycin, and kasugamycin, were not suitable for mutant selection because ATCC14672 showed either high natural resistance to them, or, extreme sensitivity (this was the case of neomycin). Nevertheless, rifampicin, which inhibits RNA polymerase, was effective for selecting resistant mutants. The rifampicin-resistant mutants contained point mutations in the rpoB gene encoding the β-subunit of RNA polymerase. Interestingly, two mutants, RIFS1 and E4, carried the same rpoB mutation (H437Y), but they differed in colony morphology and overall antibiotic activity. This indicates that the observed phenotypic differences cannot be explained only by the rpoB mutation and are likely caused by additional, unidentified mutations in the genome.

In conclusion, rifampicin can be used as an effective tool to obtain mutants with altered antibiotic production in *S. viridosporus* ATCC14672. The fact that mutants with the same rpoB mutation show different phenotypes highlights the complexity of regulatory mechanisms controlling moenomycin biosynthesis and suggests that secondary mutations may play an important role in determining the final production level.

Shtabska J.[1,2], Kurylenko O.[2], Rebets Y.[2]

STRAINS OF *STREPTOMYCES KANAMYCETICUS* AS HOSTS FOR HETEROLOGOUS PRODUCTION OF AMINOGLYCOSIDE ANTIBIOTICS

[1]Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevsky St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
[2]Explogen LLC, Volodymyra Velykoho St., 16, Lviv, 79032, Ukraine; e-mail: shtabskaj@gmail.com

The spread of antibiotic resistance among pathogenic microorganisms represents a global, multifactorial challenge that drives the search for new antibacterial agents (Ahmed et al., 2024). Aminoglycosides are a long-established class of antibiotics that were widely used in the early stages of antimicrobial therapy. However, the introduction of alternative antibiotic classes with lower toxicity led to a marked decline in their clinical use. In recent years, aminoglycosides have regained attention due to their high efficacy against multidrug-resistant pathogens and their synergistic activity with β-lactams (Krause et al., 2016). Most known aminoglycosides were discovered in the mid-20th century, and subsequent development has been largely limited to a small number of semisynthetic derivatives, making the search for new representatives of this class highly relevant. Nevertheless, the complexity of working with native producers and the lack of efficient heterologous hosts for the expression of aminocyclitol biosynthetic gene clusters (BGCs) continue to constrain the discovery of novel aminoglycoside antibiotics.

The *Streptomyces kanamyceticus* Lv54 strain was obtained from the kanamycin-producing strain *S. kanamyceticus* DSM40500 by mutagenesis (Golets et al., 1995). It was established that Lv54 lost the ability to produce kanamycin while retaining a metabolic machinery adapted for aminoglycoside biosynthesis and exhibiting higher suitability for genetic manipulation compared to the parental strain. This provided the rationale for its use as a potential heterologous host for the expression of aminocyclitol and aminoglycoside BGCs. In a previous study, a set of aminocyclitol BGCs was introduced into *S. kanamyceticus* Lv54, and metabolite production was assessed based on antibacterial activity against Gram-positive and Gram-negative test culture. Growth inhibition zones were observed for 5 out of 13 examined BGCs. To clarify the origin of the active compounds, the native kanamycin BGC was deleted in *S. kanamyceticus* Lv54 as well as in *S. kanamyceticus* DSM40500 for its further evaluation as a host strain.

Thirteen aminoglycoside BGCs were introduced into the *S. kanamyceticus* Lv54 strain carrying a deletion of the native kanamycin BGC, and the resulting strains were assayed for antibacterial activity against Gram-positive and Gram-negative test organisms. Growth inhibition was observed only in the strain carrying the neomycin BGC, whereas no antibacterial activity was detected for the remaining clusters. These results indicate that the growth inhibition zones observed in our previous study were not associated with the activation of the introduced BGCs and were most likely caused by an unintended activation of the endogenous kanamycin BGC.

In *S. kanamyceticus* DSM40500, antibacterial activity against both Gram-positive and Gram-negative test organisms was observed despite deletion of the kanamycin biosynthetic genes, indicating the production of at least one additional antibacterial compound. Metabolites were extracted using methanol and ethyl acetate, and the resulting extracts were tested for antibacterial activity and analyzed by LC–MS. The combined biological and mass spectrometric analyses suggest the production of two antibacterial agents with distinct activity spectra. The detected mass peaks did not match any known antibacterial compounds. Therefore, further structural characterization of these metabolites will require nuclear magnetic resonance (NMR) analysis.

Overall, *S. kanamyceticus* Lv54 lacking the kanamycin BGC does not exhibit antibacterial activity following the introduction of heterologous aminoglycoside BGCs under the tested conditions and, based on our results, does not represent an optimal heterologous host for aminoglycoside BGCs. In contrast, *S. kanamyceticus* DSM40500 demonstrates the capacity to produce previously uncharacterized antibacterial compounds.

Smirnova Y., Deneka M., Yushchuk O.

GENERATING A COLLECTION OF SUICIDE VECTORS FOR GLYCOPEPTIDE TAILORING GENES DELETIONS IN *UMEZAWAEA ENDOPHYTICA* DSM 103496

Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
e-mail: yelyzaveta.smirnova@lnu.edu.ua

Glycopeptide antibiotics (GPAs) are nonribosomally synthesised peptides that inhibit cell-wall formation in Gram-positive bacteria. Their production is directed by dedicated biosynthetic gene clusters (BGCs). The clinically most important GPAs are the dalbaheptides – glycosylated and/or lipidated heptapeptides that bind lipid II with high affinity, thereby arresting peptidoglycan biosynthesis. Despite their proven efficacy, the emergence of resistant pathogens highlights the continuing need for new dalbaheptide analogues. Accordingly, the discovery pipeline still relies largely on screening natural actinomycete isolates to identify strains that produce previously uncharacterised GPAs.

In our previous work (Yushchuk et al., 2025), we identified several poorly characterised genera within the order *Pseudonocardiales* as promising sources of novel GPAs, including *Actinokineospora* and *Umezawaea*. Initial characterisation of the GPA BGC from *Umezawaea endophytica* DSM 103496 led us to hypothesise that this strain may produce a novel GPA. Moreover, the unusually high number of tailoring genes suggested that the compound might be produced as a microheterogeneous complex, potentially complicating structure elucidation.

To simplify the GPA complex and to elucidate the tailoring steps involved in its biosynthesis, we decided to generate a collection of knockout strains with deletions in selected tailoring genes. As a first step, we planned to construct a set of suicide vectors (pGUSA21 derivatives; Pozzi et al., 2016) for targeted gene deletions. Accordingly, in the present work we constructed pKO_Gtf1-3, pKO_Mt1-Gtf4, pKO_Gtf5-Mt2, pKO_Gtf6, and pKO_RIS, each carrying ~2,000 bp upstream and downstream homologous regions flanking, respectively: (i) three genes encoding GT1-family glycosyltransferases; (ii) genes encoding a methyltransferase and a GT1-family glycosyltransferase; (iii) genes encoding a second methyltransferase and a GT39-family glycosyltransferase; (iv) a gene encoding a second GT39-family glycosyltransferase; and (v) four genes encoding enzymes involved in ristosamine biosynthesis. All vectors were verified by restriction mapping. Transfer of these constructs into *U. endophytica* DSM 103496 and mutant generation are currently underway.

ЕКОЛОГІЯ
ECOLOGY

Абрамчук М., Джура Н.

ЕКОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ У КОНТЕКСТІ ЗМІНИ КЛІМАТУ: ПЕРСПЕКТИВИ ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ У МЕДІА

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Саксаганського, 1, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: abramchukmariia@gmail.com

Abramchuk M., Dzhura N. ECOLOGICAL INNOVATIONS IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE: PROSPECTS FOR POPULARIZATION IN THE MEDIA. The study examines environmental innovations as a focus of media coverage in the context of climate change and sustainable development, particularly in Ukraine's post-conflict reconstruction. It highlights the role of media as intermediaries between scientific knowledge, technological solutions, and public perception, shaping societal understanding of eco-innovations. The work analyzes media approaches to climate reporting, including information-based, analytical, and solution-oriented coverage with integration of scientific sources. Based on this analysis, it outlines strategies for enhancing environmental awareness and supporting the adoption of eco-innovations in Ukraine's reconstruction and sustainable development.

Зміна клімату є одним із ключових глобальних викликів сучасності, що визначає трансформацію екологічної політики, економічних моделей і суспільних практик (IPCC, 2023; United Nations, 2015). Для України ця проблема набуває особливої актуальності в умовах воєнних руйнувань і необхідності післявоєнного відновлення на засадах сталого розвитку (UNEP, 2022; World Bank, 2023). У цьому контексті екологічні інновації доцільно розглядати як стратегічний інструмент модернізації промисловості, енергетики та будівництва відповідно до принципів кліматичної нейтральності й ресурсоефективності (European Commission, 2020; OECD, 2011). Трансформація ключових секторів економіки в екологічно орієнтованій моделі значною мірою залежить від суспільного сприйняття, яке формують медіа як посередники між науковими знаннями та публічним дискурсом (Moser, 2016; Nisbet, 2009). Аналіз медійного висвітлення кліматичної проблематики – зокрема, підходів до подачі матеріалів, рівня залучення наукових джерел, використання аналітичного та рішення-орієнтованого формату в національних і міжнародних медіа – є важливим для розроблення ефективних стратегій популяризації екотехнологій і підтримки їх упровадження в Україні в післявоєнний період (Schäfer & Painter, 2020; Boykoff, 2011). Метою дослідження є аналіз особливостей популяризації екологічних інновацій у вітчизняних і міжнародних медіа та визначення ефективних механізмів підвищення екологічної обізнаності населення. Наукова новизна роботи полягає в систематизації підходів до медійного висвітлення кліматичної проблематики та обґрунтуванні моделей інтеграції наукових і технологічних знань у публічний простір.

Підтримка впровадження екологічно орієнтованих рішень у процесі відбудови країни значною мірою залежить від характеру медійного дискурсу. У дослідженні виокремлено такі підходи до висвітлення кліматичних питань: інформаційно-аналітичний, спрямований на репрезентацію наукових даних і контекстів (Nisbet, 2009); просвітницький, орієнтований на формування екологічної культури та відповідальної поведінки (Moser, 2016); рішення-орієнтований, що демонструє практичні механізми впровадження екоінновацій (Boykoff, 2011; Schäfer, 2015). Комплексний аналіз зазначених підходів дозволяє окреслити ефективні стратегії популяризації екотехнологій і посилення суспільної підтримки кліматично нейтральної трансформації України. Отже, результати дослідження сприятимуть глибшому розумінню ролі медіа у формуванні екологічної свідомості та підтримці впровадження інноваційних екологічних рішень. Практичне значення роботи полягає в розробленні рекомендацій щодо вдосконалення комунікаційних стратегій у сфері екологічних інновацій, що є важливим чинником сталого післявоєнного розвитку України.

Богославець А., Цвілинюк О.

БІОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДИГЕСТАТУ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ *SOLANUM TUBEROSUM* ТА *PISUM SATIVUM*

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: annamariabogoslavets@gmail.com

Bohoslavets A., Cvilinyuk O. BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF DIGESTATE IN FORMING THE PRODUCTIVITY OF *SOLANUM TUBEROSUM* AND *PISUM SATIVUM*. Digestate obtained from the anaerobic biotransformation of coffee waste was used as a natural organic substrate that stimulates growth. Solanum tuberosum and Pisum sativum are important food crops grown in field conditions. The plants were treated with digestate solutions throughout the growing season to assess its effect on morphological parameters and productivity. The application of digestate led to improved growth characteristics and demonstrated biological efficacy as an environmentally friendly organic biostimulant.

Сучасне сільськогосподарське виробництво потребує впровадження екологічно безпечних органічних добрив, здатних підтримувати родючість ґрунтів та продуктивність агроценозів без посилення антропогенного навантаження на довкілля. Одним із перспективних продуктів біоконверсії органічної сировини є дигестат. Дигестат як продукт анаеробної ферментації органічних відходів характеризується вмістом поживних речовин та може застосовуватися як органічне добриво для підтримання родючості ґрунтів і сталого землеробства (Гончарук, 2023).

Анаеробна біоконверсія є мікробіологічним процесом трансформації органічних речовин в умовах відсутності кисню з утворенням біогазу та дигестату. Дигестат характеризується комплексним складом, що включає макроелементи (нітроген, фосфор, калій), гумінові речовини, вільні амінокислоти, фітогормоноподібні сполуки та корисну мікрофлору, що зумовлює його біостимулювальні властивості (Korniienko et al., 2022; Sobhi et al., 2024).

Важливим аспектом є реалізація принципів циркулярної економіки шляхом утилізації органічних відходів і повернення поживних речовин у ґрунтову систему. Безвідходна анаеробна біоконверсія дозволяє переробляти значну частину органічної сировини, що знижує навантаження на полігони твердих побутових відходів та мінімізує емісію токсичних продуктів бродіння (Буцяк та ін., 2022).

Об'єктами досліджень були рослин *Solanum tuberosum* L. та *Pisum sativum* L. Встановлено, що обприскування рослин картоплі звичайної сорту «Гранада» розчином дигестату, що був побічним продуктом анаеробної біоконверсії залишків кавового виробництва, у розведенні 1:20 покращувало габітус рослин: діаметр стебла був достовірно більшим на 10% порівняно з контролем (обприскували водою), тоді як інші метричні показники залишалися на рівні контролю.

За використання розчину дигестату у розведенні 1:30 висота рослин, кількість стебел та їх діаметр статистично не відрізнялися від контрольного варіанту (обприскування) значень, а також не спостерігалося змін продуктивності та вмісту фотосинтетичних пігментів. Маса бульб однієї рослини картоплі за дії дигестату у розведенні 1:20 перевищувала контроль на 30%, при цьому кількість бульб та середня маса бульбини залишалися стабільними.

Попереднє замочування насіння гороху посівного не змінювало метричні параметри рослин, однак спостерігалося незначне погіршення габітусу при збереженні морфометричних характеристик на рівні контролю.

Отримані результати підтверджують перспективність використання дигестату як екологічно безпечного біостимулятора росту рослин та органічного добрива в технологіях сталого рільництва.

Василенко Х., Мамчур З.

БІОРІЗНОМАНІТТЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В УМОВАХ УРБОЕКОСИСТЕМИ (НА ПРИКЛАДІ М. ЖОВКВИ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail:khrystyna.vasylenko@lnu.edu.ua

Vasylenko Kh., Mamchur Z. BIODIVERSITY OF WOODY PLANTS IN URBAN ECOSYSTEMS (BASED ON THE EXAMPLE OF ZHOVKVA CITY IN LVIV REGION). The species composition of tree plantings in the parks and squares of Zhovkva city was studied and their adaptability to urban conditions was analyzed. Among the studied introduced tree plants, invasive species were identified and their negative impact on natural ecosystems was outlined. The main problems affecting the condition of both natural and some introduced tree species are improper pruning and damage by mistletoe and phytopathogenic fungi. Most introduced species that are not invasive are characterized by high ecological stability and are suitable for urban greening in the context of climate change.

Досліджено видовий склад та екологічні особливості деревних рослин зелених насаджень загального користування в урбоекосистемі Жовкви. Виявлено види дерев природної флори та види-інтродуценти. Проведено аналіз пристосованості цих видів до умов урбанізованого середовища та їхню стійкість до несприятливих факторів.

Встановлено, що серед дерев природної фракції найчастіше трапляються сім видів: *Acer pseudoplatanus* L, *A. platanoides* L., *Betula pendula* Roth., *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill., *Viburnum opulus* L., *Populus nigra* L. До родини *Sapindaceae* належить 2 види, *Betulaceae* – 1 вид, *Fagaceae* – 1 вид, *Malvaceae* – 1 вид, *Adoxaceae* – 1 вид, *Salicaceae* – 1 вид.

Виявлено і досліджено 11 інтродукованих видів дерев та чагарників: *Aesculus hippocastanum* L., *Robinia preudoacacia* L., *Rhus typhina* L., *Syringa vulgaris* L., *Acer negundo* L., *Prunus armeniaca* L., P. *cerasifera Ehrh*., *Salix babylonica* L., *Thuja occidentalis* L., *Cotoneaster horizontalis Decne*., *Parthenocissus quinquifolia* L. Щодо таксономічної приналежності, то до родини Rosaceae належать 3 види, Sapindaceae – 2 види, всі решта родин – по 1 виду: Fabaceae, Anacardiaceae, Oleaceae, Salicaceae, Cupressaceae, Vitaceae. За географічним походженням переважають інтродуковані види з Північної Америки.

Серед інтродукованих видів виділено два високоінвазійні види: *Robinia pseudoacacia* L. та *Acer negundo* L., які завдають значної шкоди природним екосистемам. Зауважимо, що короткий період ці два види були заборонені Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України для використання у лісовому господарстві України через їхню інвазійність (Наказ «Про затвердження Переліку інвазійних видів дерев із значною здатністю до неконтрольованого поширення, заборонених до використання у процесі відтворення лісів», 2023). Встановлено, що найпоширенішими проблемами видів дерев як природної флори, так і деяких інтродукованих, є неправильна обрізка, а також ураження омелою білою (*Viscum album* L.), та грибами-фітопатогенами (борошниста роса, іржа). Аналіз показав, що 11 виявлених інтродукованих видів дерев і чагарників демонструють високу екологічну стійкість та здатність до адаптації в умовах змін клімату. Це робить їх, за винятком інвазійно небезпечних таксонів, перспективними для міського озеленення. Завдяки високій адаптивності та декоративним якостям, такі інтродуценти є доцільними для застосування в урболандшафтах як відповідь на сучасні кліматичні виклики. Їхня здатність витримувати температурні коливання та дефіцит вологи дозволяє формувати витривалі зелені масиви, які потребують менших затрат на догляд.

Зелені насадження становлять основу екологічної стабільності урбоекосистеми, виконують кліматорегулювальну, санітарно-гігієнічну та рекреаційну функції. Відтак, науково обґрунтований підбір дендрофлори та моніторинг інвазійної активності інтродуцентів є необхідними умовами для збереження біорізноманіття.

Гордійчук Л., Кунець В., Саламаха І.

РЕВАЙЛДИНГ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького (Північний кампус), вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Львівська обл., 80381, Україна; e-mail: salamakhairyna@ukr.net

Hordiichuk L., Kunets V., Salamakha I., REWILDING AS AN INNOVATIVE APPROACH TO THE TRANSFORMATION OF PROTECTED AREAS IN UKRAINE. Rewilding is a modern ecosystem restoration concept focused on restoring natural processes and enhancing ecological resilience in protected areas. The paper examines its theoretical foundations, differences from traditional conservation approaches, and international experience, and analyzes the prospects for rewilding implementation in Ukraine. The study concludes that rewilding is a promising tool for biodiversity conservation and the sustainable development of protected areas.

У сучасних умовах деградації природних екосистем і зниження біорізноманіття традиційні підходи до охорони природи не завжди забезпечують їх ефективне відновлення. У цьому контексті особливої актуальності набуває концепція ревайлдингу, спрямована на відновлення природних процесів і здатності екосистем до саморегуляції. Для України, де значна частина природоохоронних територій зазнала антропогенного впливу, ревайлдинг може стати перспективним інструментом екологічної трансформації.

Ревайлдинг (rewilding) передбачає мінімізацію втручання людини та відновлення ключових екологічних процесів, включаючи трофічні взаємозв'язки та природну динаміку ландшафтів. На відміну від традиційної охорони, орієнтованої на збереження наявного стану територій, ревайлдинг спрямований на активне відновлення функціональної цілісності екосистем.

Успішні приклади ревайлдингу реалізовані в багатьох країнах світу. Зокрема, відновлення популяції вовка в національному парку Єллоустоун (США) сприяло відновленню трофічних каскадів та стабілізації екосистеми, а європейські проєкти з повернення великих травоїдних демонструють ефективність ландшафтного підходу. Цей досвід підтверджує доцільність інтеграції біологічних, соціальних та управлінських чинників.

Впровадження ревайлдингу також сприяє переосмисленню ролі людини у природоохоронних процесах – від контролюючого управління до підтримки природної динаміки екосистем. Такий підхід передбачає довгострокове бачення розвитку територій, орієнтоване на самовідновлення природних систем, зменшення витрат на постійне регулювання та підвищення адаптивного потенціалу ландшафтів. У поєднанні з принципами сталого розвитку, ревайлдинг може стати основою для формування нових моделей природокористування, що поєднують екологічну ефективність, соціальну відповідальність і економічну доцільність.

В Україні ревайлдинг може бути ефективним для відновлення деградованих лісових, лучних і водно-болотних екосистем, формування екологічних коридорів та підвищення стійкості природоохоронних територій до кліматичних змін. Водночас його реалізація потребує вдосконалення законодавчої бази, наукового моніторингу та активної участі місцевих громад.

Таким чином, ревайлдинг є перспективним інноваційним підходом до розвитку природоохоронних територій України. Його впровадження сприятиме відновленню природних процесів, збереженню біологічного різноманіття та формуванню основ сталого розвитку. Подальші дослідження та практичні проєкти у цій сфері мають важливе значення для екологічного майбутнього країни.

Дмитренко Я., Капрусь І.

РІЗНОМАНІТТЯ АДВЕНТИВНИХ ВИДІВ ХРЕБЕТНИХ ТВАРИН ЯВОРІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: mobizum18765@gmail.com

Dmytrenko Y., Kapruś I. DIVERSITY OF ADVENTIVE SPECIES OF VERTEBRATE ANIMALS OF YAVORIVSKYI NATIONAL NATURE PARK. According to the Nature Chronicle of Yavoriv National Park (2020–25), 299 species of vertebrates were found in the park, including 5 invasive species. According to the results of research conducted on 5 routes of different lengths in the territory of Yavoriv National Park, 3 species of fish were found: crucian carp (*Carassius gibelio*), common carp (*Cyprinus carpio*), rudd, amur rudd (*Perccottus glenii*); 3 species of birds: garden turtledove (*Streptopelia decaocto*), syrian woodpecker (*Dendrocopos syriacus*), black redstart (*Phoenicurus ochruros*), as well as 3 species of mammals: gray rat (*Rattus norvegicus*), muskrat (*Ondatra zibethicus*) and fallow deer (*Dama dama*).

Адвентивні види хребетних тварин є однією з важливих проблем для збереження природного біорізноманіття окремих регіонів. Чужорідні види активно проникають на нові території, витісняючи аборигенні види, порушують трофічні ланцюги та змінюють структуру екосистем. Мета роботи – на основі аналізу літературних джерел і власних польових досліджень встановити видовий склад адвентивних видів хребетних тварин Яворівського НПП.

За даними Літопису природи Яворівського НПП (2020–2025 рр.), на території парку виявлено 299 видів хребетних тварин, серед яких 5 видів є вселенцями (ондатра (*Ondatra zibethicus*), єнотоподібний собака (*Nyctereutes procyonoides*) та американська норка (*Neogale vison*), ротань-головешка (*Perccottus glenii*) та сомик канальний (*Ictalurus punctatus*)). За інформацією І. Загороднюка (2023) на території України відомо 54 види-вселенці наземних хребетних або 8,7% загального видового різноманіття цієї групи тварин.

За інформацією І. Дикого, К. Назарук, Й. Царика (2018) таких хребетних тварин у західній частині України може бути десятки видів. Проте більшість таких адвентивних видів хребетних мають локальне поширення і поки що не схильні до масового розмноження та екологічних експансій.

За результатами власних досліджень, на 5 маршрутах різної довжини (2–5 км) у характерних для парку біотопах (ліси, водно-болотні угіддя, відкриті ландшафти, узлісся, урбанізовані території) на території Яворівського НПП виявлено 3 види риб: карась сріблястий (*Carassius gibelio*), короп звичайний (*Cyprinus carpio*), ротань-головешка, головешка амурська (*Perccottus glenii*); 3 види птахів: горлиця садова (*Streptopelia decaocto*), дятел сирійський (*Dendrocopos syriacus*), горихвістка чорна (*Phoenicurus ochruros*); а також 3 види ссавців: пацюк сірий (*Rattus norvegicus*), ондатра мускусна (*Ondatra zibethicus*) і лань європейська (*Dama dama*).

Результати досліджень підтверджують присутність адвентивних видів хребетних тварин у Яворівському НПП. Види мають як потенційно негативний вплив (конкуренція, зміна трофічних мереж, руйнування берегів), так і позитивний (підтримання відкритих біотопів ланями). Найефективнішим заходом збереження біорізноманіття є постійний моніторинг, регулярний облік чисельності та розроблення регулюючих їхню чисельність заходів. Отримані дані можуть бути використані працівниками парку для коригування природоохоронних програм та екологічної просвіти населення.

Іваночко М.-А., Семак У.

ТАКСАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНА СТРУКТУРА ДЕРЕВОСТАНІВ *PINUS CEMBRA* У ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ «ҐОРҐАНИ»

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Галицька, 201 Б, м. Івано-Франківськ, 76000, Україна; e-mail: mariia-anna.ivanochko.22@pnu.edu.ua

Ivanochko M.-A., Semak U. TAXATIONAL CHARACTERISTICS AND ECOLOGICAL-CENOTIC STRUCTURE OF *PINUS CEMBRA* STANDS IN THE GORGANY NATURE RESERVE. European stone pine (*Pinus cembra* L.) is a relict species characterized by a narrow ecological amplitude in the Carpathian highlands. The study was conducted on four permanent sample plots established in approximately 160-year-old stands assigned to the association *Pineto (cembrae) – Piceetum (abietis) vaccinioso (myrtilli) – hylocomiosum*. The results confirm a clear altitudinal differentiation of the species' ecological role: *P. cembra* dominates the timber volume at elevations of 1400–1450 m a.s.l., while its contribution declines significantly at lower altitudes. Insufficient natural regeneration combined with active surface erosion on steep slopes indicates potential population vulnerability and highlights the necessity of long-term monitoring to ensure conservation of the species' gene pool under ongoing environmental change.

Сосна кедрова європейська (*Pinus cembra* L.) є реліктовим видом, що відіграє особливу роль у формуванні стійких високогірних екосистем Карпат (Стойко, 2009; Дідух, 2012; Кузнєцов, 2021). Вузька екологічна амплітуда та обмежений ареал роблять цей вид надзвичайно чутливим до кліматичних змін та антропогенного навантаження, що обумовлює необхідність детального вивчення його стану в межах заповідних територій. Матеріалами дослідження слугували дані чотирьох постійних пробних площ (ППП № 13, 14, 23, 25), закладених у Черниківському природоохоронному науково-дослідному відділенні природного заповідника «Ґорґани». Проаналізовано основні таксаційні показники насаджень (склад, середній діаметр, середню висоту, запас деревини) та виконано геоботанічний опис ярусної структури фітоценозу відповідно до стандартних таксаційних і фітоценологічних методик.

Встановлено, що досліджувані деревостани віком близько 160 років належать до асоціації *Pineto (cembrae) – Piceetum (abietis) vaccinioso (myrtilli) – hylocomiosum*. Виявлено чітку висотну диференціацію ценотичної ролі *P. cembra*: на висотах 1400–1450 м н.р.м. (ППП № 13, 14) вид домінує за запасом деревини (6 одиниць у складі), тоді як у діапазоні 1225–1370 м н.р.м. його частка зменшується до 1–3 одиниць, поступаючись ялині європейській (*Picea abies* (L.) H. Karst.). Максимальне значення середнього діаметра *P. cembra* (30,5 см) зафіксовано на ППП № 14. Еколого-ценотична структура угруповань характеризується низькою зімкненістю підліску (0,05–0,1) та добре розвиненим трав'янисто-чагарниковим ярусом із проективним покриттям до 50%, у складі якого домінує *Vaccinium myrtillus* L. Моховий покрив сягає 75% і виконує важливу ґрунтостабілізуючу функцію на крутих схилах (35–48°). Зафіксовано поодиноке природне поновлення *P. cembra*, що імовірно, зумовлено конкуренцією за світло із *P. abies* та особливостями зоохорного поширення насіння кедрівкою (*Nucifraga caryocatactes*).

Таким чином, деревостани *Pinus cembra* L. у природному заповіднику «Ґорґани» є структурно стабільними реліктовими фітоценозами, в межах яких вид реалізує свій максимальний біопродуктивний потенціал у верхній частині лісового поясу (1400–1450 м н.р.м.). Водночас низька інтенсивність природного поновлення та розвиток ерозійних процесів на крутих схилах свідчать про вразливість популяції та зумовлюють необхідність систематичного моніторингу її стану з метою збереження виду в умовах посилення антропогенного навантаження та кліматичних змін.

Козачук С., Мегалінська Г., Білик Ж., Калашніков Є.

РЕМЕДІАТОРНА АКТИВНІСТЬ *ACORUS CALAMUS* І *TRAPA NATANS* ТА ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА КАТАЛАЗНУ АКТИВНІСТЬ ЇХ КОРЕНІВ

Український державний університет імені Михайла Драгоманова, вул. Пирогова, 9, Київ, 01030, Україна; e-mail: kozacoksofochka@gmail.com

Kozachuk S., Megalinska G., Bilyk Zh., Kalashnikov E. REMEDIATORY ACTIVITY OF LYCOSTICUS AND WATERWALK AND THE INFLUENCE OF HEAVY METALS ON THE CATALASE ACTIVITY OF THEIR ROOTS. One of the promising, environmentally safe and economically feasible cleaning methods is phytoremediation. For phytoremediation, it is better to use local, well-acclimatized species. It have been shown that *Acorus calamus* and *Trapa natans* significantly reduce the concentration of lead, zinc, and chromium in a model aquatic environment. *Trapa natans* demonstrated the highest ability to accumulate zinc (up to 79%) and chromium (up to 73.8%) already during the first week of exposure. *Acorus calamus* absorbed chromium most intensively, which indicates its selective remedial activity towards this element. Analysis of catalase activity showed that the effect of lead causes the most pronounced stress response, manifested by an increase in enzyme activity. Thus, *Trapa natans* can be considered as a more effective phytoremediator for most of the studied metals, while *Acorus calamus* is promising for targeted removal of chromium from aquatic ecosystems.

Забруднення водних екосистем важкими металами є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. Свинець, цинк і хром здатні накопичуватися у воді, донних відкладах і живих організмах, спричиняючи токсичний вплив, порушення ферментативних процесів і зниження біорізноманіття. Тривале антропогенне навантаження призводить до погіршення якості питної води та деградації природних екосистем. Одним із перспективних, екологічно безпечних і економічно доцільних методів очищення є фіторемедіація – використання рослин для вилучення забруднювачів із середовища. Особливу цінність мають місцеві водні види, адаптовані до кліматичних умов України, що підвищує ефективність їх практичного застосування (Мегалінська, 2022).

Метою роботи було дослідити здатність *Acorus calamus* L. і *Trapa natans* L. поглинати свинець, цинк і хром із водного середовища та визначити вплив цих металів на каталазну активність кореневих систем рослин.

Методи дослідження: рослинний матеріал було зібрано у природних умовах та використано для створення модельних водних систем із додаванням солей свинцю, цинку та хрому. Концентрації металів визначали до та після експозиції рослин у розчинах протягом 7 та 14 діб. Для оцінки фізіологічної відповіді визначали каталазну активність коренів спектрофотометричним методом (Білик, 2023). Кількісний вміст металів у розчинах аналізували вольтамперометричним методом. Отримані результати підлягали статистичній обробці з визначенням відсотка зниження концентрації металів.

Встановлено, що обидва досліджувані види здатні суттєво знижувати концентрацію важких металів у водному середовищі. *Trapa natans* продемонстрував найвищу здатність до акумуляції цинку (до 79%) та хрому (до 73,8%) уже протягом першого тижня експозиції. *Acorus calamus* найбільш інтенсивно поглинав хром, що свідчить про його вибіркову ремедіаторну активність щодо цього елемента. Аналіз каталазної активності показав, що дія свинцю викликає найбільш виражену стресову реакцію, що проявляється підвищенням активності ферменту. Підвищення каталази свідчить про активацію антиоксидантної системи захисту рослин у відповідь на токсичний вплив металів. Отримані дані підтверджують перспективність використання досліджених гідатофітів у біотехнологіях очищення води. Таким чином, *Trapa natans* можна розглядати як більш ефективний фіторемедіатор щодо більшості досліджених металів, тоді як *Acorus calamus* є перспективним для цільового вилучення хрому з водних екосистем (Козачук, 2026).

Кондратюк Д., Мегалінська Г., Білик Ж., Даниленко Є.

РЕМЕДІАТОРНА Й АНТИБАКТЕРІАЛЬНА АКТИВНІСТЬ *PISTIA STRATIOTES*

Український державний університет імені Михайла Драгоманова, вул. Пирогова, 9, Київ, 01030, Україна; e-mail: anna_megalin@ukr.net

Kondratyuk D., Megalinska G., Bilyk Zh., Danylenko E. REMEDIATORY AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF *PISTIA STRATIOTES*. This study investigates the remediatory and antibacterial potential of *Pistia stratiotes* in treating water contaminated by heavy metals and pathogens. Using atomic emission spectroscopy and voltammetry, the research established a high accumulation priority for metals such as Ag, Hg, and Pb, with over 90% binding efficiency within the first week. Additionally, water extracts from the plant, particularly the roots, exhibited significant antibacterial activity against Staphylococcus aureus and Bacillus subtilis. Experimental results also demonstrate that paper filters enriched with dried Pistia biomass retain remediation properties, effectively purifying water from heavy metals.

Розвиток виробництв, військові дії, неконтрольоване споживання ресурсів призводить до забруднення довкілля важкими металами. Накопичення важких металів має токсичний вплив на всі організми акваторії. Важкі метали пригнічують активність ферментів в живій клітині, утворюють комплекси з білковими молекулами та їх ферментами. Все це відбивається на процесах метаболізму і супроводжується деградацією АТФ. Процеси самоочищення водойм залежать від різноманітності складу водяних рослин в водних ценозах (Wang, 2024). Тому одним з перспективних і екологічного безпечних методів очищення водойм є фіторемедіація. Вищі водні рослини завдяки своїм морфологічним особливостям здатні по різному абсорбувати бактерії та інші види забруднюючих факторів. Рослини є хелатоутворювачами, ці речовини здатні взаємодіяти з важкими металами. Тому метою представленого дослідження було вивчення ремедіаторної активності *Pistia stratiotes* по відношенню до свинцю, цинку, міді, хрому, ртуті та срібла. У роботі застосовувалися такі методи дослідження: диско-дифузійний, метод атомно-емісійної спектроскопії, метод вольтамперометрії.

Найбільш чутливими до дії водного екстракту *Pistia stratiotes* виявилися стафілокок золотистий та сінна паличка. Водний екстракт коренів виявив більшу антибактеріальну дію, ніж водний екстракт пагонів *Pistia stratiotes*. З позиції ексосервісу озеленення водойм цією рослиною може мати позитивний антибактеріальний вплив на воду в зонах рекреації.

У традиційній медицині відвари і настої цієї рослини застосовували для лікування шкірних захворювань, зменшення запальних процесів і прискорення загоєння ран. Також існують відомості про використання *Pistia stratiotes* як допоміжного засобу при захворюваннях сечовидільної системи завдяки її сечогінній дії. Деякі дослідження свідчать про здатність екстрактів пістії пригнічувати ріст мікроорганізмів, що підтверджує її потенціал як природного антимікробного засобу (Zahari, 2021).

Результати проведеного експерименту по вивченню ремедіаторної активності дозволяють зробити висновок, що пріорітетність в зв'язуванні важких металів рослин пістії шаруватої має наступну послідовність: Ag, Hg, Pb, Cu, Zn, Cr – вкінці першого тижня експозиції і Ag, Hg, Pb, Zn,Cu, Cr – вкінці другого тижня експозиції рослин у забрудненій воді. Вкінці першого тижня експозиції більше 90% усіх досліджуваних металів, крім цинку й хрому було зв'язано фітохелатинами *Pistia stratiotes*, що свідчить про її високий ремедіаторний потенціал. Під час другого тижня фіторемедіації ртуть, срібло і свинець були зв'язані рослинами пістії майже на 91%. Насиченість хромом досягається за тиждень і дорівнює 33%. Пістію шарувату можна вважати гіперакумулятором важких металів. Експеримент показав, що фільтри, які складаються з вторинного паперу та пагонів пістії шаруватої виявилися більш активними очищувачами води від важких металів, ніж фільтри без додавання пістії.

Лях С., Бриндзя І.

ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОТЕСТУВАННЯ

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, Львівська обл., 82100, Україна; e-mail: i.bryndzia@dspu.edu.ua

Liakh S., Bryndzia I. ASSESSMENT OF THE QUALITY OF ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN POPULATED AREAS OF THE LVIV REGION USING BIOTESTING. This study assesses the quality of atmospheric precipitation in different settlements of the Lviv region using physicochemical methods and biotesting. Rainwater samples were analyzed for pH and phytotoxicity based on garden cress (Lepidium sativum) seed germination. The results demonstrate spatial differences in precipitation quality associated with varying levels of anthropogenic pressure.

Дослідження присвячене оцінці якості атмосферних опадів у межах різних типів населених пунктів з використанням фізико-хімічних методів та біотестування (Бондар, 2019). Територія Львівської області характеризується значною природною різноманітністю та охоплює регіон Прикарпаття та Карпатських гір, що зумовлює просторову неоднорідність кліматичних, гідрологічних та екологічних умов (Шищенко, 2018).

Для дослідження було обрано чотири пункти спостереження, які знаходяться на території Львівщини: село Лисовичі, міста Жовква та Дрогобич, село Верхнє Висоцьке. Обрані пункти відрізняються за рельєфом, кліматичними умовами та рівнем техногенного впливу: від урбанізованих територій із промисловими та транспортними навантаженнями до районів із відносно чистим довкіллям. Відібрані проби дощової води аналізували за показниками pH, токсичності щодо проростання насіння крес-салату (*Lepidium sativum*), індексу токсичності, електропровідності та мінералізації.

Результати вимірювання водневого показника показали, що pH дощових опадів варіює в межах від 5,67 до 6,79, що загалом відповідає слабокислому середовищу, характерному для атмосферних опадів. Найнижчий рівень pH зафіксовано в місті Дрогобич (5,67), що може бути пов’язано з підвищеним антропогенним навантаженням, зокрема викидами транспорту та промислових об’єктів (Кузьмінський, 2015). Найбільш наближені до нейтральних значення pH спостерігалися у пробі з села Верхнє Висоцьке, що свідчить про відносно сприятливий екологічний стан цієї території (Гродзинський, 2014).

Біотестування виявило істотні відмінності у токсичності атмосферних опадів. Найнижчі показники схожості насіння та найвищий індекс токсичності зафіксовано у пробах із села Лисовичі та міста Жовква, що вказує на помірний і середній рівень токсичного впливу опадів. Найменший токсичний ефект виявлено у пробі з села Верхнє Висоцьке, де схожість насіння майже відповідала контрольному значенню, а індекс токсичності був мінімальним (Бойко, 2020). Аналіз електропровідності та загальної мінералізації підтвердив отримані результати біотестування. Найвищі значення електропровідності та вмісту розчинених солей виявлено у пробах з Лисовичів, що може свідчити про підвищене надходження іонів із забрудненого атмосферного повітря. Найнижчі показники зафіксовано у пробі з Верхнього Висоцького, що характерно для територій із низьким рівнем техногенного впливу (Гродзинський, 2014).

Отримані результати свідчать про суттєву просторову диференціацію якості атмосферних опадів у межах Львівської області та підтверджують ефективність поєднання фізико-хімічних методів і біотестування для оцінки екологічного стану територій. Проведене дослідження обґрунтовує доцільність систематичного моніторингу атмосферних опадів як важливого інструменту екологічної безпеки та збереження природних екосистем регіону.

Максимич О., Панас Н., Білокур М.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ В УМОВАХ МІСЬКИХ КОМПОСТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ (НА ПРИКЛАДІ М. ЛЬВІВ)

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, вул. Пекарська, 52, м. Львів, 79005, Україна;
e-mail: maksymychoi@lnup.edu.ua

Maksymych O., Panas N., Bilokur M. PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY SAFE ORGANIC WASTE COMPOSTING TECHNOLOGIES AT URBAN COMPOSTING FACILITIES (A CASE STUDY OF THE CITY OF LVIV). This study investigates the development of environmentally safe composting technologies at an urban facility in Lviv, Ukraine. An experimental mixture of coffee residues, medicinal plant waste, and coniferrous biomass was composted under controlled open-air and covered conditions. The process demonstrated stable thermophilic activity and effective organic matter transformation. Compost is characterized by a slightly acidic reaction and a high content of stabilized organic matter. The results highlight its suitability for urban landscaping, soil improvement, and sustainable waste management practices.

Інтенсифікація урбанізаційних процесів та зростання у складі відходів частки компонентів, що розкладаються біологічно, зумовлюють необхідність удосконалення технологій їх екологічно безпечної переробки. Для міських компостувальних станцій особливо актуальними є рішення, що поєднують високу швидкість біоконверсії, санітарну надійність, мінімізацію викидів одорантів і парникових газів та отримання стабільного продукту з прогнозованими агрохімічними характеристиками. В умовах формування циркулярної економіки компостування розглядається також як інструмент повернення органічної речовини до біогеохімічних циклів міських екосистем. Практична апробація підходів до адаптивного компостування здійснюється на базі компостувальної станції ЛКП «Зелене місто» у місті Львові. Об'єктом дослідження була експериментальна партія органічної сировини, сформована із залишків кавового виробництва (4 тони), лікарських трав (3 тони) та хвої хвойних дерев (7,5 тон), закладена 31 травня 2025 року. Дослідження проводилося у двох варіантах – під відкритим небом і під навісом – з метою оцінки впливу зовнішніх чинників на перебіг біотермічних процесів та стабільність фізико-хімічних показників. Початкові характеристики компостної суміші визначалися високим умістом органічної речовини (85% на суху речовину) та співвідношенням C:N 25:1, що відповідає оптимальним умовам для розвитку аеробної мікробіоти. У процесі компостування зафіксовано перехід до термофільної фази з температурними показниками 55–62°C, що свідчить про активну біодеструкцію лігноцелюлозних компонентів хвойної сировини. Поточна вологість у варіанті під відкритим небом становила близько 55%, тоді як під навісом – близько 45%, що демонструє вплив метеорологічних чинників на водний режим буртів і, відповідно, на інтенсивність мікробіологічних процесів. Попередні результати свідчать про стабільний перебіг компостування в обох варіантах. Водночас умови під навісом забезпечують більш прогнозований контроль вологості, тоді як компостування під відкритим небом демонструє вищу варіабельність показників. Остаточна оцінка якості компосту буде проведена після завершення стадії біотермічної стабілізації та дозрівання. З урахуванням природної кислотності хвойної органічної маси формується компост із переважно слабокислою реакцією середовища та підвищеним умістом стабільної органічної речовини, що визначають його функціональну придатність для мульчування та озеленення міських територій, покращення структури урбанізованих ґрунтів, рекультивації деградованих і техногенно порушених земель, а також для часткової заміни торфу у субстратах декоративного рослинництва. Таким чином, дослідження спрямоване на обґрунтування технологічних параметрів екологічно безпечного компостування органічних відходів у міських умовах, з урахуванням кліматичних особливостей, складу сировини та вимог до якості кінцевого продукту для потреб озеленення й рекультивації урбанізованих територій.

Марусик А., Шпаківська І.

ОЦІНКА ПОСЛУГИ РЕГУЛЮВАННЯ КЛІМАТУ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ НПП «БОЙКІВЩИНА» З ВИКОРИСТАННЯМ ARIES

Інститут екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, м. Львів, 79026, Україна; e-mail: beeengine@gmail.com

Marusyk A., Shpakivska I. ASSESSMENT OF CLIMATE REGULATION SERVICE OF FOREST ECOSYSTEMS IN BOIKIVSHCHYNA NATIONAL NATURE PARK USING ARIES. The study evaluates the climate regulation ecosystem service provided by forests in Boikivshchyna National Nature Park (Ukrainian Carpathians) using the ARIES for SEEA Explorer platform. Carbon storage analysis for the period 2018–2025 revealed a net loss of approximately 120,940 tons of carbon in boreal temperate montane forest woodlands, which constitute 66% of the park's forest cover as secondary spruce plantations. Temperate forests (primarily beech) remained stable. The results highlight the need for a transition from spruce monocultures to native beech forests as a strategy for preserving the climate regulation function of Carpathian protected areas.

Національний природний парк «Бойківщина» створений у 2019 році на території Львівської області з метою збереження видового, генетичного і ландшафтного різноманіття Українських Карпат. Загальна площа парку становить 12 240 га, з яких лісові угруповання займають 98% території.

Метою даного дослідження є оцінка послуги регулювання глобального клімату лісовими екосистемами НПП «Бойківщина» з використанням ARIES. ARIES for SEEA Explorer – це обчислювальний фреймворк, що поєднує штучний інтелект, семантичне моделювання і розподілені обчислення для оцінки екосистемних послуг відповідно до стандарту SEEA EA (System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting) ООН (United Nations, 2021).

Для оцінки послуги кліматичного регулювання було використано модуль Global Climate Regulation: C Storage. Для дослідження обрано кластер, що знаходиться на території Боринської селищної громади, за період 2018–2025 років.

Результати фізичної оцінки показали, що загальні запаси вуглецю в лісових екосистемах досліджуваної території скоротилися з 5 057 573 тонн у 2018 році до 4 936 633 тонн у 2025 році, що становить чисту втрату 120 940 тонн вуглецю за 7 років (приблизно 17 277 тонн на рік). Основні втрати зафіксовано в категорії бореальних помірних гірських лісів (Boreal temperate montane forest woodland), які відповідають переважно вторинним смерековим насадженням: їхні запаси знизилися з 5 048 304 до 4 927 364 тонн (−2,4%). Водночас помірні ліси (Temperate forest), що відповідають буковим насадженням, залишилися стабільними (9 269 тонн карбону).

Отримані результати узгоджуються з відомою проблемою масового всихання смерек у Карпатському регіоні, спричиненого комплексом факторів: ураженням короїдом-друкарем (*Ips typographus*), змінами клімату, вітровалами та штучним походженням насаджень (Криницький та ін., 2022). Стабільність букових лісів підтверджує більшу стійкість корінних деревостанів порівняно зі штучними хвойними монокультурами.

Таким чином, екосистемна послуга регулювання клімату в НПП «Бойківщина» деградує внаслідок втрати вуглецю вторинними смерековими лісами. Рекомендується поступовий перехід від смерекових монокультур до відновлення корінних букових лісів. Використання платформи ARIES демонструє ефективність сучасних обчислювальних засобів для оцінки екосистемних послуг національних природних парків України.

Марченко Г., Мамчур З.

ЧУЖОРІДНІ ВИДИ БІОТИ НА ТЕРИТОРІЇ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ М. ЛЬВОВА

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: hanna.marchenko@lnu.edu.ua

Marchenko H., Mamchur Z. ALIEN BIOTA SPECIES IN THE PROTECTED NATURAL AREAS OF LVIV CITY. Within the urban ecosystem of Lviv, a study conducted during the 2024–2025 growing seasons examined the presence of alien species in two protected natural areas: Stryiskyi Park (56.0 ha) and Pohulianka Forest Park (100.33 ha). In Stryiskyi Park, most alien trees were intentionally planted as ornamentals and pose little invasive threat, however herbaceous species such as *Veronica filiformis* and *Potentilla indica* are spreading aggressively. Seven species were classified as invasive: *Impatiens parviflora, Acer negundo, Robinia pseudoacacia, Solidago canadensis, Reynoutria japonica*, and two invertebrates *Arion vulgaris* and *Harmonia axyridis*. The highest concentrations of alien invasive species were found near park entrances, main pathways, water bodies, and disturbed areas – zones with the greatest Anthropogenic pressure.

Природно-заповідні території відіграють ключову роль у збереженні біорізноманіття, особливо в умовах постійного збільшення антропогенного пресу на біоту в урбоекосистемах. Метою роботи було дослідити упродовж 2024–2025 рр. наявність та екологічні особливості чужорідних видів біоти на території парку пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Стрийський парк» (координати – 49°49′22″ пн. ш. 24°1′34″ сх. д.) та ботанічної пам'ятки природи місцевого значення «Лісопарк Погулянка» (49°49′24.93″ пн. ш. 24°4′00.81″ сх. д.).

Чужорідні види – це види біоти, які були перенесені за межі свого природного ареалу унаслідок людської діяльності, найчастіше через інтродукцію, та закріпилися в новому середовищі. На території цих парків виявлено 14 чужорідних видів біоти, що належать до 2 царств живої природи. Представниками флори є 12 видів рослин, фауни – 2 види безхребетних тварин. Для Стрийського парку властивим є те, що чужорідні види є частиною паркової флори і висаджені як декоративні, зокрема: *Catalpa bignonioides*, *Platanus* × *acerifolia*, *Picea pungens, Tsuga canadensis*, *Pseudotsuga menziesii*. Зазначені види дерев є адвентивними екзотами і не становлять загрози інтенсивного поширення. Натомість адвентивні трав'яні види *Potentilla indica* і *Veronica filiformis*, що були висаджені як декоративні, останніми роками активно поширюються на газонах, по узбіччях стежок і доріг. У публікаціях українських ботаніків (Я. Дідух, Н. Шевчик, В. Протопопова) *V. filiformis* віднесена до неофітів, інтродукованих з декоративною метою, що набула здатності до втечі з культури та натуралізації.

Найбільшу небезпеку становлять інвазійні чужорідні види (ІЧВ). Так, на територіях досліджених об'єктів виявлено сім видів: два види безхребетних тварин (*Arion vulgaris, Harmonia axyridis*) та п'ять видів рослин (*Impatiens parviflora*, *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*, *Solidago canadensis*, *Reynoutria japonica*). Дослідження поширення і просторовий розподіл чужорідних видів біоти на територіях парків має чітко виражену закономірність. Найбільша концентрація спостерігається в зонах із високим антропогенним навантаженням: біля входів у парки, уздовж головних доріжок, поблизу штучних водойм та на порушених ділянках.

Природно-заповідні території не є ізольованими від процесів біоінвазій і нерідко зазнають особливо інтенсивного впливу ІЧВ, що зумовлено високим рекреаційним навантаженням, значною відвідуваністю туристами та наявністю розвиненої транспортної інфраструктури.

Масло М.[1], **Рагуліна М.**[1,2]

ПОШИРЕННЯ ОМЕЛИ БІЛОЇ (*VISCUM ALBUM* L.) В ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННИХ ОСЕЛИЩАХ ЖОВКІВСЬКОЇ ОТГ (ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ)

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]Державний природознавчий музей НАН України, вул. Театральна, 18, м. Львів, 79008, Україна; e-mail: maslomaria39@gmail.com

Maslo M., Ragulina M. DISTRIBUTION OF WHITE MISTLETOE (*VISCUM ALBUM* L.) IN NATURAL AND ANTHROPOGENIC HABITATS OF ZHOVKIVSKA ATC (LVIV REGION). The aim of our work was to assess the distribution of white mistletoe in anthropogenic (gardens and protective tree lines of the village of Mokrotyn) and natural (control – beech forest in the Maidan Natural landmark) habitats of Zhovkivska ATC. It has been found that white mistletoe most commonly affects domestic apple trees in orchards (66,6%) and black poplar trees in protective forest belts (43,0%) along the highway Lviv – Rava-Ruska. Trees in the natural beech forest were not affected by mistletoe. In our opinion, the characteristics of tree bark and its mechanical damage are decisive for mistletoe germination.

Упродовж останніх десятиріч в Європі та Україні спостерігається стрімке поширення (експансія) омели білої (*Viscum album* L.), спричинене антропогенним та кліматогенними факторами. Омела біла – геміпаразитичний вічнозелений кущ зі значною тривалістю життя (до 40 р.), адаптований до широкого кола рослин-хазяїв. Через свої екологічні особливості та значну витривалість омела біла є серйозною загрозою для зелених насаджень. Відсутність систематичного моніторингу та ефективної стратегії боротьби з омелою загострює проблему її неконтрольованого поширення та потребує пошуку шляхів її вирішення.

Метою нашої роботи була оцінка поширення омели білої в антропогенних (сади та захисні смуги с. Мокротин) та природних (контроль – буковий ліс у заповідному урочищі Майдан) оселищах Жовківської ОТГ. Дослідження проводили впродовж 2024–2025 рр. Ступінь ураження визначали за 5-бальною шкалою згідно з методикою Я. Коларека зі співавторами (2020).

Дослідження показали, що в садових насадженнях від омели білої найбільше потерпає яблуня домашня (*Malus domestica* L.), серед дерев якої частка уражених сягала 66,6%. Проте для більшості з них зафіксовані слабкий (R – rare – до 5%) та середній (O – occasional – 6–10%) ступені ураження. Лише одноразово омела була виявлена на сливі домашній (*Prunus domestica* L.) зі ступенем ураження R. У межах захисної лісосмуги вздовж автошляху М 09: Львів – Рава-Руська, де переважає тополя чорна (*Populus nigra* L.), заселеними омелою білою виявились 43,0% дерев, але ступінь ураження також був незначним (R та O). В урочищі Майдан – заповідному лісовому масиві з переважанням бука європейського (*Fagus sylvatica* L.) та домішкою граба звичайного (*Carpinus betulus* L.) за участі дуба звичайного (*Quercus robur* L.) та клена-явору (*Acer pseudoplatanus* L.), омели білої відзначено не було.

Таким чином, омела біла в межах Жовківської ОТГ найбільше поширюється у штучних насадженнях: найбільше – у садах (66,6%), менше – у захисних лісосмугах (43,0%) та цілковито відсутня в природних буково-грабових лісах низькогірного пасма Розточчя. Ймовірно, визначальними для оселення омели є специфіка кори дерев: плодові дерева часто ушкоджуються механічно через неправильну обрізку та взимку – морозами. Тополям притаманна м’яка та пухка кора. Тому доцільним є ретельний догляд за садовими насадженнями та заміна тополь у лісосмугах на інші аборигенні види дерев зі твердою корою (явори, дуби тощо). Локальний контроль за популяціями омели білої має мати ключове значення для екологічного менеджменту популяцій омели білої.

Мєдвєдєва І.[1,2], Прокопчук А.[1], Венґжин Е. [2], Леньовскі К.[2]

ГРОМАДЯНСЬКА НАУКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА ОРНІТОФАУНУ

[1]Інститут екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, м. Львів, 79026, Україна; [2]Факультет біології, охорони природи та сталого розвитку, Жешувський університет, м. Жешув, Польща; e-mail: medvedeva.iruna@gmail.com

Miedviedieva I., Prokopchuk A., Węgrzyn E., Leniowski K. CITIZEN SCIENCE AS A TOOL FOR STUDYING THE IMPACT OF MILITARY ACTIONS ON AVIFAUNA. Armed conflicts pose severe threats to avifauna, destroying habitats, disrupting migration routes, and causing direct mortality. Our study highlights the role of citizen science and OSINT in documenting bird losses where traditional fieldwork is limited. The results show that migratory species, birds of prey, owls, wetland species, and wintering waterfowl are among the most affected groups. These findings emphasize birds as sensitive indicators of ecological change under warfare conditions. Documenting impacts is crucial for post-war restoration and biodiversity conservation planning.

Військові конфлікти створюють серйозні загрози для птахів, змінюючи їхні біотопи та порушуючи природні процеси життєдіяльності. Руйнування лісів, водно-болотних угідь та інших екосистем унаслідок бойових дій призводить до втрати місць гніздування та харчових ресурсів. Крім того, шум, стрес, травмування, забруднення довкілля та неконтрольоване полювання на окупованих територіях негативно впливають на чисельність популяцій. Особливо відчутними є наслідки для міграційних видів: традиційні маршрути та зони відпочинку можуть опинятися під обстрілами, що спричиняє дезорієнтацію та підвищений рівень ризиків для життя птахів. У цих умовах громадянська наука набуває особливого значення. Залучення волонтерів до спостережень за птахами та збору даних дозволяє отримати інформацію, яка часто недоступна науковцям через небезпеку перебування у зоні бойових дій. Такі дані допомагають приблизно оцінити масштаби втрат, зафіксувати випадки травмування та простежити зміни у поведінці та чисельності птахів.

Наші результати показали, що значних втрат зазнають види птахів, приурочені до степових та лучних екосистем, які переважають на територіях, де зараз активно ведуться бойові дії. Зокрема, представники родин соколові та яструбові *(Falconidae, Accipitridae)*, що часто атакують дрони в небі; совові *(Strigidae)*, які заплутуються у залишках ракетної електроніки та оптовлоконних чи антидронових пастках, також вони часто полюють на гризунів на замінованих покинутих сільськогосподарських угіддях; види, приурочені до водно-болотних екосистем, що постраждали від руйнування Каховського водосховища; а також зимуючі види на водосховищах ГЕС, які втратили стабільну кормову базу через обстріли та замерзання водойм внаслідок припинення діяльності електростанцій, а також забруднення водосховищ ракетним паливом (Бурштинська ГЕС). Також часто під загрозою опиняються білі лелеки *(Ciconia ciconia)*, які повертаються на зруйновані будівлі прифронтових територій. Регулярні атаки шахедами на Одещині знищують місця гніздування фламінго рожевокрилого *(Phoenicopterus roseus)*. Ці приклади демонструють багатогранність загроз, що впливають на орнітофауну під час війни. Птахи, попри високу мобільність, залишаються вразливими до наслідків війни, наприклад, через філопатію до місць гніздування та міграційних маршрутів.

Використання OSINT у поєднанні з польовими даними довело свою ефективність як інструмент дослідження у зонах конфлікту, де традиційні методи збору інформації є небезпечними або неможливими (Венґжин та ін. 2025). Війна сприяє глобальній втраті біорізноманіття, а смертність птахів є значним, але часто недооціненим фактором. Збереження пташиних популяцій має вирішальне значення для підтримання екологічної стійкості, адже вони виконують ключові функції в екосистемах. Документування втрат та пошкоджень середовища існування під час війни є необхідним для майбутніх програм відновлення та планування заходів зі збереження.

Михайлюк С., Цвілинюк О.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ «ЗЕЛЕНОГО ОФІСУ» У ЛЬВІВСЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА ТА UNIVERSITY OF ROEHAMPTON

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: @solomiia.mykhailiuk@lnu.edu.ua

Mykhailiuk S., Tsvilynyuk O. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE "GREEN OFFICE" CONCEPT AT IVAN FRANKO NATIONAL UNIVERSITY OF LVIV AND THE UNIVERSITY OF ROEHAMPTON. The study presents a comparative assessment of the implementation level of the Green Office concept at two higher education institutions. The analysis focuses on environmental governance, energy efficiency, resource management, waste management systems and stakeholder engagement. The findings reveal structural differences in sustainability governance models and indicate the need for institutionalization of environmental management practices in Ukrainian universities.

Сучасна концепція сталого розвитку передбачає інтеграцію екологічної складової в управлінські та освітні процеси закладів вищої освіти. Концепція «зеленого офісу» є інструментом екологічного менеджменту, спрямованим на оптимізацію використання ресурсів, підвищення енергоефективності, мінімізацію утворення відходів та формування екологічно відповідальної поведінки персоналу і здобувачів освіти (Маслюківська, 2007).

Метою дослідження було здійснити порівняльний аналіз рівня реалізації концепції «зеленого офісу» у Львівському національному університеті імені Івана Франка та University of Roehampton (Велика Британія). Порівняльний аналіз базувався на узагальненні доступної інформації про екологічну діяльність університетів, зокрема, у сферах енергоефективності, управління ресурсами, поводження з відходами та екологічного управління. У роботі застосовано методи аналізу, синтезу, порівняння та структурно-функціональної оцінки. Встановлено, що University of Roehampton здійснює системний облік викидів парникових газів відповідно до стандартів Greenhouse Gas Protocol. За даними Carbon Reduction Plan, у 2008–2009 рр. рівень викидів Scope 1 та Scope 2 становив 7267 т $CO_{2екв}$/рік, тоді як у 2023–2024 рр. цей показник зменшився до 4027 т $CO_{2екв}$/рік, що становить скорочення на 45% у абсолютних значеннях. У відносних показниках викиди зменшилися з 87 кг $CO_{2екв}$/м² до 37 кг $CO_{2екв}$/м² (приблизно на 58%), незважаючи на збільшення площі будівель на 31%. Реалізовано понад 14 000 замін освітлювальних приладів на LED із сенсорами руху, встановлено 508 м^2 сонячних панелей, утеплено понад 4000 м^2 покрівлі та 1875 м трубопроводів систем опалення, що дозволяє щорічно скорочувати близько 1028 т CO_2 (Manon, 2023; Head of Sustainability, 2025).

У Львівському національному університеті імені Івана Франка впроваджено окремі заходи технічної модернізації: заміну ламп розжарювання на світлодіодні та люмінесцентні, часткову термомодернізацію корпусів (вул. Грушевського, 4; вул. Драгоманова, 50; вул. Університетська, 1), встановлення важільних змішувачів у санітарних вузлах, організацію часткового роздільного збору відходів. Водночас відсутній публічний облік викидів CO_2, не розроблено офіційної екологічної політики та не визначено структурний підрозділ, відповідальний за реалізацію стратегії сталого розвитку.

Отже, аналіз показує, що обсяг і системність реалізації принципів концепції «зеленого офісу» в досліджуваних університетах суттєво відрізняються. Отримані результати можуть слугувати науково-методичною основою для подальшого розвитку систем екологічного менеджменту у вітчизняних закладах вищої освіти.

Насадюк П., Мамчур З.

ОЦІНКА ДЕГРАДАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРИТОРІЇ КАРПАТСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ НА ОСНОВІ ДАНИХ SENTINEL-2 (10 М)

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: petro.nasadiuk@lnu.edu.ua

Nasadiuk P., Mamchur Z. ASSESSMENT OF LAND DEGRADATION IN THE CARPATHIAN NATIONAL NATURE PARK BASED ON SENTINEL-2 (10 M). Data This study assesses land-cover change and related land degradation in the Carpathian National Nature Park (CNNP) between 2017 and 2024 using Sentinel-2 imagery (10 m). Land-cover rasters were produced for both years (trees, rangeland, crops, built-up, water, bare ground, clouds) and compared via a post-classification transition matrix, with transitions labelled as stable, degraded, or improved. Forest cover remained dominant (85.09% in 2017; 85.99% in 2024), while built-up areas increased (2.71%→3.36%). Transition-status results indicate 99.04% stable land, 0.77% degraded, and 0.19% improved.

Карпатський національний природний парк (КНПП) є однією з ключових природоохоронних територій Українських Карпат, де земний покрив і стан земель перебувають під впливом природних (ерозія, паводки, зсуви, кліматична мінливість) та антропогенних чинників (локальна забудова, рекреаційне навантаження, зміни у землекористуванні) (Kravchynskyi et al., 2025). Оперативне виявлення просторово-часових змін земного покриву є необхідним для природоохоронного менеджменту, планування заходів проти деградації та обґрунтування пріоритетних ділянок для моніторингу. Дослідження спрямоване на кількісну оцінку змін земного покриву КНПП і пов'язаної з ними деградації земель за 2017–2024 рр. на основі супутникових даних Sentinel-2 (розмір пікселя – 10 м) (Esri, Impact Observatory & Microsoft, Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover Time Series, 2017–2024, ArcGIS Living Atlas of the World).

Для 2017 і 2024 років на основі даних Sentinel-2 (10 м) було сформовано растрові шари земного покриву в межах площі КНПП із наступними класами: trees (ліс), rangeland (луки/пасовища/відкриті природні або напівприродні угіддя), crops (рілля/культури), built area (забудова/інфраструктура), water (водні об'єкти), bare ground (оголений ґрунт), clouds. Далі виконано постласифікаційне порівняння між 2017 і 2024 роками та побудовано матрицю переходів класів. Кожному типу переходу присвоєно статус: stable (стабільний), degradation (деградація) або improved (покращення).

Отримані карти показали домінування лісового покриву протягом обох зазначених років. У 2017 р. частки класів становили: trees – 85,09%, rangeland – 11,98%, built area – 2,71%, crops – 0,17%, water – 0,08%, bare ground – 0,02%. У 2024 р. зафіксовано: trees – 85,99%, rangeland – 10,56%, built area – 3,36%, crops – 0,07%, water – 0,02%. Інтегрована оцінка статусів переходів (stable/degradation/improved), отримана з матриці переходів, показала домінування стабільних територій: stable – 99,04%. Частка деградаційних змін становила 0,77%, а покращення – 0,19%. Отже, сумарна частка ділянок із будь-якою зміною (degradation+improved) є малою (0,96%), що вказує на загальну ландшафтну стабільність КНПП у межах обраного періоду і прийнятої схеми класифікації.

Пасічник В., Яворська О., Машталер О.

ВИДОВИЙ СКЛАД РУКОКРИЛИХ УРОЧИЩА «ЧЕРЕПАШИНЕЦЬКИЙ ЛІС»

Донецький національний університет імені Василя Стуса,
вул. 600-річчя, 21, м. Вінниця, 21000, Україна; e-mail: pasichnyk.v@donnu.edu.ua

Pasichnyk V., Yavorska O., Mashtaler O. SPECIES COMPOSITION OF BATS IN THE "CHEREPASHYNETSKIY FOREST" AREA. Reconnaissance studies have identified 7 species of bats in the Cherepashynetskiy forest, namely *Vespertilio murinus, Myotis daubentonii, Myotis dasycneme, Nyctalus leisleri, Pipistrellus pygmaeus, Pipistrellus nathusii, Pipistrellus pipistrellus.*

Проблематика збереження рукокрилих набуває особливої актуальності в умовах трансформації природних ландшафтів та посилення антропогенного навантаження. Кажани є ключовими індикаторами стану довкілля, водночас на сьогодні украй недостатньо інформації про поширення кажанів на Вінниччині, що не дозволяє оцінити репрезентативність мережі природно-заповідного фонду Вінницької області щодо збереження рукокрилих. Загальна інформація, видовий склад і поширення кажанів для території Центрального Поділля міститься у Червоній книзі України (2009) та працях провідних українських теріологів (Загороднюк, Годлевська, Тищенко, Петрушенко, 2002; Тищенко, 2011).

Невід'ємною складовою опису природоохоронної цінності будь-якого проєктованого заповідного об'єкту є дослідження видового складу кажанів. Для проєктування регіонального ландшафтного парку «Тиховоддя» в межах лісового урочища «Черепашинецький ліс» проведено перевірку за міжнародними базами даних (GBIF, iNaturalist), яка показала повну відсутність записів про спостереження рукокрилих для даної локації.

Польові рекогносцирувальні обстеження проведено 10 вересня 2025 р. із застосуванням ультразвукового детектора Echo Meter Touch 2 PRO, під'єднаного до мобільного гаджета. Дослідження тривали близько години за погодних умов, загалом сприятливих для активності рукокрилих (температура +21°C, вологість 47%, вітер з поривами до 11 м/с) в межах біотопів Д1.2.1 (Центральноєвропейські грабово-дубові ліси), Д1.6.4 (Рівнинні незаболочені ліси вільхи чорної і ясена) та В1.3 (Ділянки постійних непроточних водойм без вищої водної рослинності) (Національний каталог біотопів України, 2018).

За результатами польових досліджень на вказаній території було зафіксовано 7 видів рукокрилих: нетопир-карлик (*Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825)), нетопир звичайний (*Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774)), вечірниця мала (*Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817)), нічниця водяна (*Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817)), та нетопир Натузіуса (*Pipistrellus nathusii* (Keyserling et Blasius, 1839)), нічниця ставкова (*Myotis dasycneme* (Boie, 1825)), лилик двоколірний (*Vespertilio murinus* (Linnaeus, 1758)).

Найбільш репрезентативним за кількістю реєстрацій виявився *Pipistrellus pygmaeus*, зафіксований 16 разів. Також відносно високу активність продемонстрували *Pipistrellus pipistrellus* – 9 реєстрацій та *Nyctalus leisleri* – 5 реєстрацій.

Серед інших зафіксованих видів – *Myotis daubentonii*, відзначена 4 рази, та *Pipistrellus nathusii* – 3 реєстрації. Найменш чисельними виявилися *Myotis dasycneme* із двома фіксаціями та *Vespertilio murinus*, зареєстрований лише один раз.

Зафіксоване видове різноманіття рукокрилих в межах лісового урочища «Черепашинецький ліс» підтверджує значну природоохоронну цінність досліджуваної території. Всі види занесені до Червоної книги України, також види підлягають суворій міжнародній охороні згідно з Додатком II Бернської конвенції, угодою EUROBATS та мають відповідні статуси у Червоному списку МСОП. З огляду на це доцільно надати дослідженій нами території природоохороного статусу та впровадити заходи зі збереження лісових та водних екосистем як постійних оселищ рукокрилих.

Пурель В., Капрусь І.

БІОДЕГРАДАЦІЯ ПОЛІСТИРОЛЬНИХ ВІДХОДІВ ЛИЧИНКАМИ *ZOPHOBAS MORIO* FABRICIUS

Львівський національний університет, імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail:volodymyr.purel@lnu.edu.ua

Purel V., Kaprus' I. BIODEGRADATION OF POLYSTYRENE WASTE BY *ZOPHOBAS MORIO* FABRICIUS LARVAE. The study researched the biodegradation potential of *Zophobas morio* larvae for polystyrene waste management. Two laboratory experiments were conducted in controlled bioreactor conditions. The first experiment demonstrated complete degradation of 5g polystyrene within 33 days with 100% larval survival. Sugar supplementation in the second experiment reduced processing time to 13 days while maintaining 100% efficiency and increasing larval biomass by 16g, confirming the viability of insect-based plastic biodegradation.

Пластикове забруднення становить одну з найгостріших екологічних проблем сучасності. Щорічно у світі виробляється понад 350 мільйонів тон пластику, з яких лише 9% піддається переробці, а 93% потрапляє на звалища та у навколишнє середовище. Традиційні методи утилізації, такі як захоронення та спалювання, призводять до утворення токсичних викидів і вторинних забруднювачів. Біодеградація пластикових відходів за допомогою комах представляє перспективний екологічно чистий альтернативний підхід до вирішення даної проблеми.

Мета роботи – дослідити процес біодеградації полістирольних відходів личинками *Zophobas morio* та оцінити можливості підвищення ефективності процесу за рахунок додаткової стимуляції.

Дослідження проводили у лабораторних умовах з використанням біореакторів власної конструкції. У експериментах використовували: полістирол (пластик 6 – PS) масою 5 г, 200 личинок *Zophobas morio* загальною вагою 80 г, відстояну воду для підтримання вологості. Температуру підтримували на рівні 20–25°C, вологість регулювали щоденним зрошуванням. У другому експерименті до води додавали 2 г цукру для стимуляції активності личинок. Контролювали зміни маси субстрату, життєздатність личинок, візуально фіксували процес деградації, проводили мікроскопічний аналіз продуктів життєдіяльності.

Експеримент № 1 тривав 33 дні і показав повну деградацію полістиролу з життєздатністю всіх 200 личинок та збільшенням їх загальної маси на 1 г. Експеримент № 2 із додаванням цукрового розчину тривав лише 13 днів, що більш ніж у 2,5 рази швидше за перший експеримент. Ефективність деградації склала 100%, а маса личинок збільшилась на 16 г, імовірно через додатковий цукор у раціоні. Мікроскопічний аналіз екскрементів підтвердив радикальні структурні зміни полістиролу, що свідчить про його біологічне розкладання.

Результати досліджень підтверджують здатність личинок *Zophobas morio* до ефективної біодеградації полістирольних відходів зі збереженням повної життєздатності. Додавання цукру в раціон значно підвищує швидкість і ефективність процесу. Біодеградація пластику комахами представляє екологічно безпечну альтернативу традиційним методам утилізації, що не потребує високих енергетичних витрат та не продукує токсичних викидів у навколишнє середовище. Проте, треба відзначити, що використання самих лише личинок не є повною мірою рентабельним. Набагато ефективнішим шляхом буде виділення комплексів штамів бактерій з кишківнику личинок, та використання їх у промислових біореакторах за методом in vitro.

Сідак С., Капрусь І.

РАРИТЕТНИЙ КОМПОНЕНТ КОЛЕМБОЛОФАУНИ ДЕРЕВНИХ МІКРООСЕЛИЩ СТАРОВІКОВИХ ЛІСІВ СХІДНИХ КАРПАТ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: st.sidak@gmail.com

Sidak S., Kaprus' I. RARE AND UNIQUE COLLEMBOLAN FAUNA OF TREE-RELATED MICROHABITATS IN OLD-GROWTH FORESTS OF THE EASTERN CARPATHIANS A faunistic analysis of Collembola in microhabitats of old-growth forests of the Eastern Carpathians revealed 26 rare or unique species classified into eight conservation-value categories, indicating high ecological and zoogeographical significance of the study area.

У результаті проведеного фауністичного аналізу колембол у досліджених мікрооселищах старовікових лісів Східних Карпат виявлено 26 видів Collembola, які належать до рідкісних або унікальних біотаксонів та внесені до восьми категорій природоохоронної цінності за підходом Капруся і Гоблик (Kapruś & Goblyk, 2015). Отримані дані свідчать про високу екологічну та зоогеографічну значущість досліджуваної території.

До категорії 1 (види, занесені до Червоних книг) було внесені 2 види колембол, зокрема, *Morulina verrucosa* (Börner, 1903) та *Tetrodontophora bielanensis* (Waga, 1842), що підкреслює високий рівень природоохоронної цінності дослідженої території. Категорія 2 (види, відомі з типових місцезнаходжень – loci typici) включає 4 види, серед яких *Anurida carpatica* (Babenko, 1998), *Onychiuroides igori* (Pomorski, 2006), *Orthonychiurus rectopapillatus* (Stach, 1933) і *Folsomia albens* (Kapruś & Potapov, 1999), що вказує на важливість регіону для збереження таксонів із історично значущими локалітетами.

Найчисельнішою виявилася категорія 3 (ендемічні види), до якої віднесено 6 видів: *Superodontella huculica* (Kapruś, Weiner, 2007), *Friesea handschini* (Kseneman, 1938), *Deutonura czarnochoriensis* (Deharveng, 1982), *Pachytoma granulata* (Stach, 1947), *Plutomurus carpaticus* (Rusek et Weiner, 1978) та *Pygmarrhopalites slovacicus* (Nosek, 1975). Висока частка ендеміків свідчить про регіональну унікальність фауни та тривалу ізоляцію екосистем старовікових лісів.

До категорії 4 (реліктові види) належать 4 таксони, зокрема, *Friesea albida* (Stach, 1949), *Friesea denisi* (Kseneman, 1936), *Deutonura stachi* (Gisin, 1952) та *Heteraphorura carpatica* (Stach, 1954), що підтверджує важливу роль деревних мікрооселищ для лісових реліктів. Категорія 5 (локально поширені види) також представлена 4 видами: *Pseudachorutes palmiensis* (Börner, 1903), *Thaumanura carolii* (Stach, 1920), *Kalaphorura paradoxa* (Schäffer, 1900) та *Tomocerina minuta* (Tullberg, 1876), які характеризуються вузькою екологічною спеціалізацією.

Види, що перебувають на межі свого ареалу (категорія 6), становлять одну з ключових груп і представлені 5 видами*: Ceratophysella luteospina* (Stach, 1919), *Neanura minuta* (Gisin, 1963), *Desoria blekeni* (Leinaas, 1993), *Desoria divergens* (Axelson, 1900) та *Anurida granulata* (Agrell, 1943). Їх наявність свідчить про високу чутливість мікроартроподів до кліматичних змін. До категорії 7 (диз'юнктивні зоогеографічні елементи) віднесено 2 види – *Folsomia martynovae* (Martynova, 1973) та *Plutomurus carpaticus* (Rusek et Weiner, 1978), що відображає складну історію формування ареалів цих таксонів. Найменш чисельною, але цінною є категорія 8 (надзвичайно рідкісні види, відомі з кількох локалітетів у світі), до якої належить *Folsomia martynovae* (Martynova, 1973). Присутність такого виду значно підвищує міжнародну наукову та природоохоронну значущість досліджуваної території.

Таким чином, встановлений комплекс рідкісних та унікальних колембол свідчить, що деревні мікрооселища старовікових лісів є важливими осередками збереження біорізноманіття ґрунтових мікроартропод, поєднуючи в собі ендемічні, реліктові, диз'юнктивні та ареально обмежені елементи фауни.

Сорока О., Дробик Н.

ОСОБЛИВОСТІ КУЛЬТИВУВАННЯ *IN VITRO* ВИДІВ РОДУ *CARLINA* L. НА ЖИВИЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ РІЗНОГО СКЛАДУ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, вул. М. Кривоноса, 2, м. Тернопіль, 46027, Україна; e-mail: soroka-o@tnpu.edu.ua

Soroka O., Drobyk N. PECULIARITIES OF *IN VITRO* CULTIVATION OF SPECIES OF THE GENUS *CARLINA* L. ON NUTRIENT MEDIA WITH VARIOUS COMPOSITION. The features of *in vitro* cultivation of three rare medicinal species of the genus *Carlina* L. on MS and half-strength MS (MS/2) media without growth regulators were investigated. High viability of explants of all studied species was observed on both media variants. The obtained results confirm the suitability of both media for introducing the studied species into *in vitro* culture. These data can be used to optimize protocols for microclonal propagation and the conservation of rare *Carlina* species.

Збереження біорізноманіття рідкісних та цінних лікарських рослин є одним із пріоритетних напрямів сучасної біотехнології рослин. Особливу увагу приділяють видам, які мають обмежений природний ареал, низьку насіннєву продуктивність або піддаються антропогенному впливу. До таких належать представники роду *Carlina* L. родини Asteraceae, які характеризуються фармакологічно активними сполуками та високою екологічною цінністю. Методи культури рослин *in vitro* відкривають можливості для швидкого мікроклонального розмноження, збереження генофонду та отримання біомаси незалежно від природних умов. Ефективність введення рослин у культуру значною мірою залежить від життєздатності експлантів на початкових етапах культивування, а також від оптимального складу поживного середовища (Dar et al., 2023; Червона книга України, 2009; Колісник та ін., 2024).

Мета дослідження передбачала оцінку життєздатності та особливостей адаптації видів: відкасник татарниколистий (*Carlina onopordifolia* Bess. ex Szaf., Kulcz. et Pawl.), відкасник осотоподібний (*Carlina cirsioides* Klok) та відкасник безстебловий (*Carlina acaulis* L.) у культурі *in vitro* на живильних середовищах Мурасіге-Скуга (МС) без додавання регуляторів росту і зі зменшеним удвічі вмістом макро- та мікроелементів (МС/2) з метою визначення оптимальних умов для їх подальшого мікроклонального розмноження.

Для отримання асептичних проростків, насіння піддавали стерилізації (Сорока та ін., 2025). Наступний етап передбачав висаджування насіннєвого матеріалу на агаризовані живильні середовища МС і МС/2.

Насіння виду *C. onopordifolia* у всіх повторностях демонстрували стабільно високий рівень проростання. На середовищі МС життєздатність становила в середньому 93,8%, тоді як на МС/2 – 100%. Динаміка практично не змінюється між 14, 26 та 35 добою, демонструючи стабільність морфогенетичного потенціалу.

Для *C. cirsioides* спостерігався виражений позитивний приріст життєздатних експлантів упродовж 35 діб. Початкові показники (31,3%) істотно підвищуються до 99% на 26–35 добу. Рослини чутливіші до складу живильного середовища: середовище МС забезпечує вищу приживлюваність на ранніх етапах.

Насіннєвий матеріал *C. acaulis* характеризується стабільно високою життєздатністю на МС (100% на всіх етапах). На МС/2 спостерігається динамічний приріст від 68,8% до 93,3%, що вказує на поступове відновлення ростових процесів.

Загалом результати дослідження свідчать, що найбільш стабільними в культурі *in vitro* є *C. onopordifolia* та *C. acaulis*, які зберігають майже максимальний рівень життєздатності незалежно від типу поживного середовища. *C. cirsioides* характеризується повільнішим початковим розвитком, проте з часом досягає аналогічних показників, що вказує на перспективність його культивування за умови подовженого періоду адаптації.

Соболева О., Переведенчук П., Федонюк В.

ОЦІНКА ДИНАМІКИ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ШАЦЬКОМУ НПП

Луцький національний технічний університет, 43018,
вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна; e-mail: ecolutsk@gmail.com

Soboleva O., Perevedenchuk P., Fedonyuk V. ASSESSMENT OF CLIMATE CHANGE DYNAMICS IN SHATSKIY NNP. The work assesses changes in the main meteorological indicators in the Shatsk National Nature Park over 10 years (2015–2024). Climate change trends that are forming in the region as regional manifestations of general, global climate changes in the world, Europe and Ukraine are identified. Generalizations and conclusions are made.

У сучасному світі зміна клімату вважається одним із головних екологічних викликів, що має безпосередній вплив на стан довкілля. Зміна кліматичних умов порушує стабільність функціонування лісів, водойм, боліт, що в довгостроковій перспективі може призвести до деградації біорізноманіття. Зміни клімату у Волинському регіоні вивчалися у наукових працях (Fedoniuk, Zhadko et al., 2022; Федонюк та ін., 2019). Кліматичні зміни та їх вплив на природно-ландшафтні комплекси і біоту Шацького НПП досліджувалися у працях (Жадько та ін., 2022), (Fedoniuk et al., 2020), (Fedoniuk, Zhadko et al., 2023), (Fedoniuk et al., 2023) та у інших роботах. Проте актуальним завданням залишається оновлення цих досліджень у контексті продовження і поглиблення змін клімату у XXI ст.

Основною *метою даної роботи* був аналіз кліматичних змін у Шацькому національному природному парку за період 2015–2024 років, а також порівняння результатів з виявленими кліматичними змінами в інших великих природоохоронних об’єктах Волині.

Результати і висновки: Клімат парку демонструє помітні коливання. Середньорічна температура повітря за 2015–2024 рр. зросла до +9,9°C, що перевищує кліматичну норму на 2,7°C. Середній мінімум температур становив +5,9°C, а максимум – +14,3°C. Абсолютні мінімальні температури варіювалися від –21,1°C до –6,3°C, при середньому значенні –15,3°C. Абсолютний максимум коливався від +36,9 °C до 29,3 °C, при середньому значенні +34,1°C. Вологість повітря коливалась в межах 75–80%, хоча в останні роки помітна тенденція до незначного зниження вологості. Середня швидкість вітру змінювалася в межах від 1,9 м/с до 2,5 м/с, без чіткої тенденції до зростання чи зниження. Підсумовуючи дослідження, відмітимо, що клімат Шацького НПП перебуває в стані поступових змін. Враховуючи все це, в майбутньому необхідно проводити постійний моніторинг кліматичних параметрів.

Ставський І. [1], **Проценко Ю.** [1], **Горобчишин В.**[1,2], **Пашкевич Н.**[3]

АВТОМАТИЗАЦІЯ АНАЛІЗУ ТРОФІЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ КОМАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ДАНИХ ГРОМАДЯНСЬКОЇ НАУКИ НА ПРИКЛАДІ *ISODONTIA MEXICANA* (DE SAUSSURE, 1867)

[1] Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Глушкова, 2, корпус 12, м. Київ, 03022, Україна; [2] Інститут еволюційної екології НАН України, вул. Лебедєва, 37, м. Київ, 03143, Україна; [3] Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01004, Україна; e-mail: ivanstawski@knu.ua

Stavskyi I., Protsenko Yu., Gorobchyshyn V., Pashkevych N. AUTOMATED ANALYSIS OF INSECT TROPHIC INTERACTIONS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND CITIZEN SCIENCE DATA: A CASE STUDY OF *ISODONTIA MEXICANA* (DE SAUSSURE, 1867). The iNaturalist platform collects photo observations that can reveal insect–plant interactions, offering valuable data for trophic ecology. We analyzed 4,389 expert-verified iNaturalist images of *Isodontia mexicana* from EU countries using Pl@ntNet for automated plant identification. At confidence levels of 0.6–0.9, Pl@ntNet achieved high species-level accuracy suitable for use without expert validation. *I. mexicana* was recorded on 324 plant species, mainly from Apiaceae, Asteraceae, and Lamiaceae families.

Платформа iNaturalist акумулює масштабні геоприв'язані фотоспостереження, які дедалі активніше використовують у дослідженнях біорізноманіття та природоохоронних дослідженнях. Окрім фіксації присутності видів, такі зображення можуть містити «вторинні» дані про взаємодії (наприклад, комаха–квітка), що робить їх цінними для реконструкції трофічних асоціацій, але інтерпретації залежать від надійного визначення рослин і перевірки людиною-експертом.

Isodontia mexicana – інвазивний вид ос родом із Північної Америки, який за останні десятиліття поширився в Європі. Метою цього дослідження було оцінити можливості автоматизації визначення кормових рослин для *I. mexicana* на основі фото iNaturalist із використанням Pl@ntNet та експертної перевірки.

З платформи iNaturalist було отримано датасет спостережень оси *I. mexicana* (06.10.2025) в межах країн Європейського Союзу, до якого увійшли лише записи дослідницького рівня. Зображення, отримані з цих спостережень, завантажували до Pl@ntNet для ідентифікації видів рослин, на яких був присутній вид *I. mexicana*. Для незалежної перевірки зображення переглядав та підтверджував експерт-ботанік.

До статистичної оцінки було залучено 4 389 (з викачаних 13 447) зображень рослин. Решту було виключено через недостатню якість зображення, відсутність визначення Pl@ntNet тощо.

У діапазоні високих значень довіри (0,6–0,9 включно) Pl@ntNet демонстрував високу точність розпізнавання рослин на видовому рівні. Це підтверджується статистичним аналізом, який показує придатність результатів для практичного використання без додаткової експертної перевірки. Для рівнів роду та родини рослин статистично значущими були результати автоматичного визначення у діапазонах 0,2–0,9 і 0,1–0,9 відповідно.

За нашими даними *I. mexicana* в країнах ЄС була зафіксована на 324 видах рослин із 184 родів та 46 родин. Комаха віддавала перевагу квітковим рослинам із родин селерових (Apiaceae), айстрових (Asteraceae) та глухокропивових (Lamiaceae).

Трайтак М., Джура Н.

ПІСЛЯВОЄННА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ҐРУНТІВ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Саксаганського, 1, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: marijine15@gmail.com

Traitak M., Dzhura N. POST-WAR SOIL RECLAMATION: MODERN APPROACHES AND PROSPECTS. The problem of soil pollution reached a new level in Ukraine with the beginning of the military invasion of the aggressor country in 2014, and intensified in 2022. The situation is worsening every day and at the moment the problem is extremely important and has priority in solving. However, there are not so many ways to solve it, which is why attracting attention and researching soil restoration methods are so important today. Military actions lead to the destruction of the fertile soil layer, its degradation and salinization. Such consequences completely eliminate the possibility of using soils. So, in essence, from inaction we simply lose our lands and their capabilities.

Тривала війна в Україні призводить до комплексної деградації ґрунтових екосистем, що проявляється у механічному порушенні профілю, хімічному забрудненні, ущільненні, ерозії та втраті родючості. Вибухові ушкодження спричиняють формування воронок, перемішування генетичних горизонтів та руйнування структури ґрунту. Поширеним наслідком є забруднення важкими металами (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr), залишками боєприпасів, продуктами детонації та нафтопродуктами (Alloway, 2013; FAO & ITPS, 2021; Грицак, Джура, 2024). Пожежі зумовлюють термічне руйнування гумусового шару, тоді як вторинні процеси включають ерозію, дегуміфікацію та локальне засолення. У окремих регіонах фіксуються потенційні радіаційні ризики, пов'язані з переміщенням ґрунтових мас.

Метою роботи є узагальнення сучасних підходів до післявоєнної рекультивації ґрунтів та обґрунтування доцільності застосування фіторемедіації як одного з перспективних методів очищення забруднених територій.

Ми проаналізували наукові публікації, міжнародні рекомендації щодо управління деградованими землями та порівняли підходи до ремедіації ґрунтів різного ступеня забруднення. Сучасна система рекультивації ґрунтів передбачає складні багатокомпонентні процеси, які потребують інтеграції технічних, біологічних і аналітичних підходів. Технічна рекультивація включає планування території, ліквідацію вибухових воронок, видалення уламків техніки, вивезення забрудненого шару ґрунту, формування нового родючого шару та відновлення дренажних систем. У випадках значного хімічного забруднення застосовується «консервування» ґрунтів шляхом локалізації й захоронення небезпечних ділянок. Біологічна рекультивація спрямована на відновлення біотичної активності ґрунту та включає висівання фітомеліорантів, застосування сидератів, внесення органічних добрив і відновлення мікробіоти. Перспективним напрямом є фіторемедіація – використання рослин-акумуляторів для вилучення або стабілізації важких металів (Pilon-Smits, 2005; Ghosh & Singh, 2005). До видів, здатних накопичувати токсичні елементи, належать кукурудза звичайна (*Zea mays* L.), соняшник звичайний (*Helianthus annuus* L.), гірчиця індійська (*Brassica juncea* L.). Ефективність методу фіторемедіації є вищою за умов помірного забруднення, тоді як при високих концентраціях доцільним є поєднання фіторемедіації з іншими способами ремедіації або ізоляції ґрунтів (Джура, 2011, 2024).

Проведені дослідження – лише початковий етап при плануванні комплексних екологічних досліджень деградованих внаслідок бойових дій ґрунтів і розробці фіторемедіаційних технологій для їхнього відновлення.

Отже, комплексне впровадження сучасних методів дозволить об'єктивно оцінити екологічний стан ґрунтів і обґрунтувати вибір технологій ремедіації, щоб мінімізувати екологічні ризики, відновити продуктивність агроландшафтів та забезпечити екологічну стабільність постконфліктних територій.

Трофімчук Д.[1], Драч Ю.[1], Рагуліна М.[1,2] , Мамчур З.[1]

ЕКОЛОГО-МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МОХОПОДІБНИХ М'ЯКОВОДНИХ ДЖЕРЕЛ ЧОРНОГІРСЬКОГО МАСИВУ КАРПАТСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]Державний природознавчий музей НАН України, вул. Театральна, 18, м. Львів, 79008, Україна; e-mail: someonefor36@gmail.com

Trofimchuk D., Drach Y., Ragulina M., Mamchur Z. ECOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF BRYOPHYTES OF SOFTWATER SPRINGS OF THE CHORNOGIRSKY MASSIF OF THE CARPATHIAN BIOSPHERE RESERVE. The aim of the research is to determine the ecological adaptations of bryophytes to abiotic factors within the habitat of soft water springs (C2.11 according to the EUNIS classification). As a result of our research, 38 species of bryophytes were identified. The spectra of ecological groups are dominated by subheliophiles (34,2%), hygrophiles and hydrophiles (31,5% / 28,9%), neutrophils and subacidophiles (47,3% / 36,8%), psychrophiles (36,8%); the spectra of life form are dominated by wefts (34,2%), turfs (21,1%) and cushions (12,2%). The distribution reflects the natural condition of soft-water mountain springs, and therefore bryophytes are good indicators of climatogenic and anthropogenic environmental changes.

Карпатський біосферний заповідник – один із найбільших природоохоронних об'єктів України, що входить до всесвітньої мережі біосферних резерватів ЮНЕСКО. Він репрезентує всі основні рослинно-кліматичні пояси, характерні для південно-західних мегасхилів Українських Карпат. На його території широко представлені різноманітні джерела на витоках малих річок, що відіграють ключову роль у формуванні гідрологічного режиму гірських водотоків.

Сучасні кліматичні зміни та антропогенний тиск на високогірні екосистеми актуалізують необхідність вивчення адаптаційних механізмів мохоподібних у специфічних умовах гірських потоків. Мета досліджень – з'ясувати екологічні пристосування мохоподібних до абіотичних факторів у межах оселища м'яководних джерел (C2.11 за класифікацією EUNIS). Дослідження проведено на території Чорногірського заповідного масиву, на висотах від 1200 до 1800 метрів.

Виявлено 38 видів мохоподібних з 33-х родів 22-ох родин. Провідними родинами є Amblystegiaceae (11 видів / 28,9%), Bartramiceae (3 види / 7,8%), Hylocomiceae (3 види / 7,8%). Найпоширенішими видами є *Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce*, Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp.*, Fissidens adianthoides* Hedw., *Hygrohypnum luridum (*Hedw.) Jenn.*, Palustriella falcata (*Brid.) Hedenäs*, Pellia neesiana* (Gottsche) Limpr. та *Scapania curta* (Mart.) Dumort.

Виділено екологічні групи мохоподібних за індикаційними шкалами Еленберга. За вимогами до світла переважають субгеліофіти (34,2%), до вологи – гігрофіти (31,5%) та гідрофіти (28,9%), до реакції середовища – нейтрофіли (47,3%) та субацидофілів (36,8%), до температури – психрофіли (65,8%). Розподіл відображає специфіку екологічних умов м'яководних джерел високогір'я Карпат: інтенсивну інсоляцію, диференціацію водотоків на руслову та прибережну зону, слабкокислу реакцію за водневим показником, низькі нічні температури тощо. За фізико-хімічними показниками води джерел C2.11 характеризуються як кислі або нейтральні, слабко мінералізовані та холодні (EUNIS, 2012).

У спектрі життєвих форм мохоподібних домінують плетивна (34,2%), дернинна (21,1%) та дернинно-подушкоподібна (12,2%) життєві форми. Плетивні форми є переважно амфібійними, тоді як дернинні заселяють прибережну зону водотоків та брили каміння.

Таким чином, мохоподібні є невід'ємним компонентом оселищ гірських м'яководних джерел, які за своєю синекологією відображають специфічні умови гірських водотоків та можуть бути ефективними індикаторами їхніх антропогенних та кліматогенних змін.

Химин А., Аторвін О., Капрусь І.

ЗООІНДИКАЦІЯ СТАНУ АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМОВАНИХ ЕДАФОТОПІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СТРУКТУРИ НАСЕЛЕННЯ КОЛЕМБОЛ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: annakhumun@gmail.com

Khymyn A., Atorvin O., Kaprus' I. ZOOINDICATION OF THE STATE OF ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED EDAPHOTOPES BASED ON ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF THE POPULATION OF COLLEMBOLA. The effectiveness of the faunistic indication method for assessing the condition of forest ecosystems based on Collembola communities was analysed. Based on the research conducted, indicator species of natural and invasive tree-transformed biocenoses of the Yavoriv National Nature Park and Vynnykiv Forest Park were identified. The use of the Pesenk biotope association index confirmed the indicator status of the species and established the accuracy of the faunistic method at 83.3%. The results confirm the high diagnostic potential of Collembola for monitoring early signs of soil degradation.

Фауністична індикація є одним із базових підходів зооіндикації, що дозволяє швидко і досить надійно оцінювати екологічну якість едафотопу та рівень антропогенного впливу (Захарова, 2016; Filser, 2002). Використання колембол (Collembola) як біоіндикаторів є особливо перспективним через їхню високу чутливість до змін екологічних умов середовища (Rusek, 1998; Van Straalen, 1998). Одним із ключових аспектів методу є виявлення індикаторних видів, які виступають своєрідними біологічними маркерами едафічних умов середовища (McGeoch, 1998; Römbke et al., 2006).

Об'єктом дослідження є таксоцен колембол у природних та трансформованих інвазійними деревними рослинами біоценозах Яворівського національного природнього парку та Винниківського лісопарку (далі – ЯНПП та ВЛП). Для виявлення індикаторних видів проведено аналіз якісного та кількісного складу досліджених таксоценів колембол. З метою верифікації фауністичних даних та уникнення потрапляння випадкових видів до списків індикаторів використано індекс біотопної приуроченості Песенка (Fij) (Pesenko, 1982). Цей показник дозволив кількісно оцінити ступінь екологічної спеціалізації видів за шкалою від –1 до –0,3 – повне уникнення видом конкретного біоценозу; від –0,3 до 0,3 – індиферентність виду до конкретного біоценозу; від 0,3 до 1 – приуроченість виду до певного біоценозу.

У результаті проведеного дослідження ідентифіковано 93 види колембол, з яких 37 віднесено до специфічних – таких, що трапляються лише в одному з природних або змінених інвазійними видами дерев біоценозах. Встановлено, що у природних біоценозах специфічними є 22 види: з яких 9 – для біоценозів ЯНПП і 13 – для ВЛП, тоді як у антропогенно змінених їхня кількість зростає до 27: з яких 13 – для ЯНПП і 14 – для ВЛП. Узагальнений аналіз за індексом Fij показав, що 21 вид надає перевагу природнім біоценозам, а 34 – монокультурам інвазійних порід.

Методом фауністичної індикації для змінених біоценозів виділено 15 видів-індикаторів, а для природних – 10. Застосування індексу біотопної приуроченості дозволило встановити індикаторну цінність 12 видів у природних та 18 у змінених біоценозах. Відповідно, статус індикаторних підтверджено для більшості виділених видів; встановлено, що точність методу фауністичної індикації склала 83,3%.

Отже, метод фауністичної індикації, базуючись на результатах аналізу біотопної приуроченості, є ефективним інструментом для зооіндикації стану антропогенно трансформованих едафотопів. Висока точність результатів підтверджує можливість використання специфічних груп колембол як маркерів для виявлення ранніх ознак деградації ґрунтового середовища.

Худецький Б.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ БУДІВНИЦТВА ПОШУКОВОЇ СВЕРДЛОВИНИ НА КОМПОНЕНТИ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННОЇ ГЕОСИСТЕМИ

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника,
вул. Галицька, 201, м. Івано-Франківськ, 76000, Україна; e-mail: boghdan.k@outlook.com

Khudetskyi B. ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF EXPLORATORY WELL CONSTRUCTION ON THE COMPONENTS OF A NATURAL-ANTHROPOGENIC GEOSYSTEM. This study presents a comprehensive environmental impact assessment for the construction of the "Maidanska-1" exploration well. Modeling results confirm that atmospheric emissions of pollutants remain within permissible limits within the 300-meter sanitary zone boundary. Water resources are protected via a closed-loop supply system and strict site hydro-isolation, preventing aquifer contamination. Soil conservation measures include topsoil stripping and subsequent recultivation. Geological risks are mitigated through casing cementing and the use of blowout prevention equipment. Noise levels meet regulatory standards. The project complies with environmental safety requirements, ensuring minimal impact on the local ecosystem.

Екологічний стан та безпека функціонування сучасних природно-антропогенних геосистем визначаються характером взаємодії їхніх підсистем та рівнем антропогенного навантаження. У рамках дослідження проведено комплексну оцінку впливу планованої діяльності зі спорудження пошукової свердловини № 1-Майданська на геологічне, повітряне, водне, ґрунтове та соціальне середовища. Встановлено, що ключовими джерелами забруднення атмосферного повітря на етапі буріння виступають двигуни внутрішнього згоряння технологічного обладнання, дизель-генератори та факельні системи, викиди яких містять оксиди азоту, вуглецю, діоксид сірки, суспендовані тверді частинки та неметанові леткі органічні сполуки. Об'єкт класифіковано як підприємство другого класу небезпеки з нормативним розміром санітарно-захисної зони 300 метрів. Результати моделювання розсіювання забруднюючих речовин засвідчили, що приземні концентрації на межі санітарної зони не перевищують гігієнічних нормативів, досягаючи максимального значення 0,814 частки гранично допустимої концентрації за групою сумації, що свідчить про допустимість атмосферного впливу. Охорона водних ресурсів забезпечується впровадженням системи оборотного водопостачання та повною гідроізоляцією технологічних майданчиків, що унеможливлює інфільтрацію промивних рідин та нафтопродуктів у ґрунтові води. Розрахункове водоспоживання на виробничі потреби складає 206,1 кубічних метрів, при цьому господарсько-побутові та виробничі стічні води акумулюються у герметичних ємностях для подальшої спеціалізованої утилізації без скиду у водні об'єкти. Мінімізація впливу на ґрунтовий покрив ділянки площею 0,8 гектара реалізується шляхом попереднього зняття родючого шару ґрунту, його складування в кагати та подальшого використання для технічної й біологічної рекультивації після завершення робіт. Інженерний захист території включає обвалування та влаштування системи дренажних лотків.

Геологічні ризики, пов'язані з бурінням до глибини 1000 метрів, нівелюються суворим дотриманням технологічних регламентів, які включають використання надійної конструкції свердловини, цементування обсадних колон для ізоляції водоносних горизонтів та застосування превенторного противикидного обладнання. Такий підхід дозволяє попередити міжпластові перетікання флюїдів та аварійні фонтанування. Оцінка фізичних факторів впливу показала, що акустичне навантаження на межі санітарно-захисної зони становить 25,4 дБА, що значно нижче нормативних вимог для територій з наявною житловою забудовою, а рівні впливу теплового, електромагнітного та іонізуючого випромінювання відповідають природному фону або відсутні. Таким чином, сукупність передбачених проєктних рішень та природоохоронних заходів гарантує дотримання екологічних стандартів та забезпечення екологічної рівноваги у зоні впливу планованої діяльності.

Шпаченко М., Капрусь І.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗМІН ІХТІОФАУНИ БАСЕЙНУ Р. ДНІСТРА ПІД ВПЛИВОМ ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ РИБ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, Львів 79000, Україна; e-mail: wpak1103@gmail.com

Shpachenko M., Kaprus' I. ECOLOGICAL ASSESSMENT OF ICHTHYOFAUNA CHANGES IN THE DNISTER RIVER BASIN UNDER THE INFLUENCE OF INVASIVE FISH SPECIES. The study analyzes the transformation of the Dnister ichthyofauna due to biological invasions. The main invasive species (Lepomis gibbosus, Carassius gibelio, Perccottus glenii) and their impact on native communities are identified. It was established that flow regulation and climate change promote the expansion of invaders, leading to a decrease in biodiversity and ecosystem stability.

Басейн річки Дністер є однією з найважливіших водних артерій України, що характеризується значним ландшафтним та біологічним різноманіттям. За зоогеографічним районуванням він належить до Понтійської провінції Середземноморської підобласті. Гідрологічний режим річки зазнав суттєвих трансформацій внаслідок будівництва каскаду водосховищ, що створило сприятливі умови для проникнення та натуралізації чужорідних видів риб. Поширення інвазійних видів відбувається як природним шляхом, через систему сполучених каналів («південний коридор» інвазій), так і внаслідок ненавмисної інтродукції під час зариблення ставкових господарств.

У водоймах басейну Дністра зафіксовано значне зростання частки інвазійних видів, серед яких найбільш агресивними є сонячний окунь – Lepomis gibbosus (Linnaeus, 1758), головешка ротань – Perccottus glenii (Dybowski, 1877), сріблястий карась – Carassius gibelio (Bloch, 1782) та сомик канальний – Ictalurus punctatus (Rafinesque, 1818).

Розселення цих видів супроводжується перебудовою структури іхтіоценозів та витісненням аборигенних видів, таких як марена звичайна – Barbus barbus (Linnaeus, 1758) та підуст звичайний – Chondrostoma nasus (Linnaeus, 1758). Швидкому поширенню інвазійних видів сприяє їхня висока екологічна пластичність та зміни термічного режиму водойм (Струганець, 2018; Волкова, 2020). Поява чужорідних видів часто призводить до дестабілізації трофічних зв'язків: наприклад, сонячний окунь активно виїдає ікру та молодь промислових видів риб, що спричиняє деградацію місцевих популяцій.

Зокрема, за даними наших досліджень, у прибережних зонах Дністровського водосховища сонячний окунь став одним із домінуючих за чисельністю видів, що пояснюється відсутністю природних ворогів та ефективною стратегією охорони потомства. Інший вселенець – карась сріблястий – завдяки гіногенетичному способу розмноження здатний швидко колонізувати нові біотопи, створюючи значну конкуренцію за кормову базу місцевим представникам родини коропових.

Таким чином, проблема експансії інвазійних видів риб становить серйозну загрозу для екологічної стабільності басейну Дністра. Важливим кроком для збереження аборигенної іхтіофауни є впровадження постійного моніторингу, контроль за процесами рибогосподарської інтродукції та розробка методів регулювання чисельності найбільш шкідливих чужорідних видів у регіоні.

Karpenko K., Mischenko A.

LEAF SHAPE VARIATION IN *CARPINUS BETULUS* L. ACROSS CONTRASTING URBAN POLLUTION CONDITIONS: A GEOMETRIC MORPHOMETRIC ANALYSIS

Vasyl' Stus Donetsk National University, 600-richchia St., 21, Vinnytsia, 21021, Ukraine; e-mail: horbacheva.k@donnu.edu.ua

Urban pollution can influence plant development and morphology, yet its effects on leaf shape remain inconsistently documented. While physiological responses to environmental stress are well studied, it is less clear whether pollution is associated with systematic changes in overall leaf form. The present study aims to test whether leaf shape in *Carpinus betulus* L. differs between environments characterized by contrasting levels of road traffic pollution.

A total of 2,582 fully developed leaves were collected from sites located either near roads with intensive traffic ("polluted", n = 1,680) or from more distant areas with lower traffic exposure ("clean", n = 902). Leaf contours were segmented using OpenCV, and midribs were extracted using a U-Net convolutional neural network. Shape was represented by 122 points: two fixed landmarks (leaf base and apex) and 120 sliding semilandmarks derived from intersections between equidistant midrib positions and the lamina contour. Generalized Procrustes Analysis (GPA) was used to obtain aligned Procrustes coordinates and centroid size.

Static allometry was first evaluated using Procrustes ANOVA. Centroid size accounted for 7.3% of total shape variation ($p = 0.001$), indicating a significant size–shape relationship. To assess group differentiation independent of allometry, analyses were repeated on size-corrected residuals. Group affiliation (clean vs polluted) explained 0.61% of total shape variation after accounting for size effects ($p = 0.001$), demonstrating statistically significant shape differentiation between environments.

To investigate spatial patterns of variation along the lamina, the aligned configurations were subdivided into proximal, medial, and distal regions. Regional Procrustes ANOVA revealed heterogeneous responses: the distal region showed the strongest group-associated variation ($R^2 \approx 1.23\%$), whereas proximal and medial regions exhibited smaller effects (approximately 0.4% each). Importantly, this pattern persisted after removing allometric variation, suggesting that the detected differences are not solely attributable to size-related scaling.

Principal Component Analysis of Procrustes coordinates supported the statistical results, showing partial but consistent separation between groups in morphospace. Although overlap remained substantial, permutation-based tests confirmed that group differentiation exceeded that expected under random variation.

Overall, the study demonstrates that geometric morphometric methods, including sliding semilandmarks and Procrustes-based statistical modeling, are suitable for testing environmentally associated morphological differentiation in large plant datasets. The detected shape differences indicate that environmental conditions related to road traffic are associated with measurable variation in leaf form, particularly in the distal region of the lamina.

Lahoiko A., Bedernichek T., Zaimenko N.

RADIAL DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SURFACE SOIL AROUND AN ARTILLERY SHELL CRATER

M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Science of Ukraine, Sadovo-Botanichna St., 1, Kyiv, 01014, Ukraine; e-mail: lagoyko992@gmail.com

Since Russia launched a full-scale invasion in 2022, the intensity of shelling in Ukraine has increased, resulting in widespread soil disturbances and contamination. Explosive processes are accompanied by crater formation and the mechanical displacement of soil material, which may alter the spatial distribution of heavy metals in the upper soil layer. However, the radial redistribution of heavy metals following individual explosion events remains poorly characterised. The aim of the study was to evaluate the radial distribution of heavy metals in surface soil following an explosion.

Composite soil samples were collected in and around the crater formed by the explosion of a 152-mm artillery shell near the village of Novohryhorivka (Zaporizhzhia oblast, March 2025). We took soil samples radially from the crater centre (0 m) to the periphery (6 m) at 1 m intervals. Samples obtained at equal distances were homogenised into single composite samples. Pseudo-total concentrations of Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Co, Cr and V were determined by ICP-OES following acid digestion with HNO_3.

Elevated concentrations of several heavy metals were recorded at intermediate distances (1–4 m) relative to the crater centre. Cu increased from 24.1 mg/kg at 0 m to 48.3 mg/kg at 1 m (44.1 mg/kg at 4 m), and Zn increased from 87.8 mg/kg to 115.1 mg/kg (104.1 mg/kg at 4 m). Ni, Cr, Co and V showed similar radial patterns, with maxima at 1 m (65.5, 74.1, 24.4, and 124.6 mg/kg, respectively) and secondary enrichment at 4 m. Cd and Pb also increased at 1 m (2.3 and 22.1 mg/kg) and remained elevated at 4 m (Pb: 21.6 mg/kg). The highest concentrations were therefore recorded not in the crater centre but within the 1 – 4 m zone, consistent with peripheral deposition of metal-bearing fragments.

At distances of 5–6 m, concentrations of most heavy metals decreased relative to intermediate sampling points and approached background levels. The observed radial distribution indicates localised and heterogeneous enrichment of heavy metals in surface soil, with maximum accumulation occurring at 1 m and 4 m from the explosion epicentre. The obtained results suggest that radial sampling design may be used to characterise the spatial extent of explosion-related metal redistribution.

The spatial distribution of metals within the crater is consistent with elements commonly present in structural components of artillery ammunition, including alloyed steel casings (Fe-based alloys containing Ni and Cr) and copper-based rotating bands (Cu-Zn alloys with possible Pb impurities). However, the present results are based on a single crater and a limited number of composite samples. Further studies involving a larger dataset are required to confirm the reproducibility of the observed spatial patterns.

Malec J., Matłok N., Prejsnar S.

AN ECO-FRIENDLY WASTE-FREE METHOD FOR EXTENDING THE SHELF LIFE OF SOFT FRUITS USING STRAWBERRIES AS AN EXAMPLE

University of Rzeszów, al. Tadeusza Rejtana, 16 C, Rzeszów, 35-310, Poland; e-mail: jacek.malec1@gmail.com,

Strawberries (*Fragaria × ananassa*) are among the most popular berries cultivated in Poland and worldwide due to their attractive appearance and desirable sensory qualities (Priyadarshi et al., 2004; Fijoł et al., 2016). The main directions of strawberry production include fresh consumption and industrial processing. Dynamic changes in chemical composition and tissue structure during ripening and storage lead to alterations in sensory, chemical, and physical properties (Duarte-Molina et al., 2016). Therefore, there is a need to develop optimal methods for extending the shelf life of these fruits (Delahaye et al., 2023).

This study aimed to demonstrate that a properly designed ozonation process for strawberries prolongs their suitability for consumption and positively affects the maintenance of desired quality characteristics.

Strawberry fruits (*Fragaria × ananassa Duchesne*), cultivar 'Elkat', were used in the study. A total of 25 kg of uniformly colored fruits, free from spoilage and mechanical damage, were selected. Immediately after harvest (June 2024) and transport, the fruits were subjected to ozonation. The ozonation process was conducted at ozone concentrations of 5, 10, 50, and 100 ppm. The ozonation duration was fixed at 15 minutes to define ozone doses. The experiment was performed in triplicate under constant environmental conditions (temperature 4°C, relative humidity 90%).

The effect of ozonation on transportability, storage stability, and suitability for consumption was assessed by measuring fruit firmness (breaking force) using a Brookfield CT3 texture analyzer, determining microbiological load through enumeration of mesophilic lactic acid bacteria, and measuring water loss using the drying method. The results were subjected to statistical analysis.

The study demonstrated that ozonation of strawberries is an effective method for extending shelf life and improving transportability under refrigerated conditions. Ozone doses of 5–10 ppm had the most beneficial overall effect, whereas higher concentrations (50–100 ppm) were more effective in reducing the growth of mesophilic aerobic bacteria, yeasts, and molds. The selection of an appropriate ozone concentration should therefore depend on the intended purpose of the treatment. Ozonation under controlled conditions represents an environmentally friendly method consistent with the principles of sustainable development.

Nesterenko K., Serbo S.

ENVIRONMENTAL VARIABILITY IN EVOLUTION OF SEXUAL REPRODUCTION: SIMULATION STUDY

V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobody Square, 4, Kharkiv, 61022, Ukraine;
e-mail: rykova@karazin.ua, serhii.serbo@student.karazin.ua

An author R-based simulation evaluated the stability of sexual versus parthenogenetic reproduction within a host–parasite "arms race." Results show that parthenogenetic extinction risk increases with host phenotype randomization, while sexual lines persist across all scenarios. These findings suggest that while biotic interactions facilitate coexistence, the fixation of sexual reproduction is driven by the synergy between biotic conflict and environmental stochasticity.

The question of the emergence and stability of sexual reproduction remains one of the most debated topics in evolutionary biology. A cornerstone in addressing this issue is the concept of the "two-fold cost of sex" paid by sexual organisms compared to those reproducing clonally (Smith, 1978). To explain the advantages of recombination, several hypotheses are traditionally invoked: the Fisher-Muller model (Fisher, 1930; Muller, 1932), which points to the accelerated fixation of beneficial mutations in sexual populations; the Lottery Principle, which emphasizes adaptation to chaotic environmental changes through genetic diversity (Williams, 1975); and the Red Queen hypothesis, which attributes the advantage of sex to a continuous biotic "arms race" (Van Valen, 1973). Within the framework of this study, an original simulation model was developed in the R Statistical Software environment (v4.1.2; R Core Team 2021) to investigate the dynamics of coexistence between parthenogenetic and sexual aphid lines in conflict with a host plant.

The model iteratively simulates reproduction cycles of host plants with a variable set of toxins and two aphid lines with corresponding detoxicants – obligately parthenogenetic and sexual (panmictic). The Malthusian parameter (r) in the model depended on the energy costs of the plant's metabolic defense and the success of the aphids in overcoming chemical barriers (parameters T and D, respectively).

Initial assumptions regarding the model's performance predicted two possible outcomes of competition: the complete displacement of the sexual line by the parthenogenetic one (due to a two-fold higher reproduction rate) or, conversely, the victory of sexual individuals due to their ability to adapt more rapidly to changing conditions.

Practical results of the simulation showed that the probability of elimination of parthenogenetic aphid lines correlates with the level of randomization of plant phenotypes and the cost of defense: at T=0.1D, asexual phytophages went extinct in 80% of iterations. Meanwhile, the sexual line demonstrated stability in all cases, despite an initial reduction in numbers. This confirms the view that while the "arms race" creates conditions for the stabilization of the sexual reproductive type at a level of 5–20% of the population, the final fixation of recombination is likely mediated by the synergy between biotic conflict and abiotic environmental variability. Thus, the obtained data support a synthetic approach to explaining the evolution of the sexual process.

The authors express their sincere gratitude to Professor of the Department of Zoology and Animal Ecology of the V. N. Karazin Kharkiv National University, Dmytro Shabanov, for his ideological inspiration and comprehensive assistance in creating the simulation model and understanding the results of its work.

ЗООЛОГІЯ
ZOOLOGY

Андрущик В.

СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА МІНЛИВОСТІ ОЗНАК СТАТЕВОГО ДИМОРФІЗМУ ЧЕРЕПА ЄНОТОПОДІБНОГО СОБАКИ (*NYCTEREUTES PROCYONOIDES*) В УКРАЇНІ

ННЦ «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, просп. Академіка Глушкова, 2, м. Київ, 03022, Україна; e-mail: vladislava28022004@gmail.com

Andrushchyk V. STATISTICAL EVALUATION OF SEXUAL DIMORPHISM OF THE SKULL OF THE RACCOON DOG (*NYCTEREUTES PROCYONOIDES*) IN UKRAINE. This study evaluates sexual dimorphism in the skull shape of the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) from Ukraine using multivariate morphometric methods. Eighteen cranial measurements were obtained from 19 adult specimens (15 males and 4 females). Principal component analysis (PCA) was applied to reduce data dimensionality, and the first four components (≈ 85% of the total variance) were used for further testing. Intersexual differences were assessed using parametric MANOVA and a permutation-based approach realized in RRPP R package. No statistically significant differences between males and females were detected ($p > 0.6$). The results are consistent with previous studies and may reflect the species' predominantly monogamous social system.

Дослідження морфологічної мінливості інтродукованих видів хижих ссавців є важливим для розуміння їхніх адаптивних стратегій у нових частинах ареалу. Єнотоподібний собака (*Nyctereutes procyonoides*) становить особливий інтерес для краніологічних досліджень, оскільки ступінь вираженості статевого диморфізму в цього виду залишається дискусійним. Результати досліджень з аборигенних й інтродукованих популяцій (Японія, Корея, Фінляндія, Литва) демонструють неоднорідну картину – від відсутності відмінностей у розмірах черепа до слабкого диморфізму, що проявляється переважно в характеристиках зубної системи (Kauhala et al., 1998; Kim et al., 2012; Asahara, 2014; Jurgelėnas et al., 2025). З огляду на обмеженість даних щодо українських популяцій, актуальним є застосування сучасних методів багатовимірного аналізу. Мета роботи полягає у статистичній оцінці статевого диморфізму черепа єнотоподібного собаки з території України методами багатовимірної морфометрії. Матеріалом слугували колекційні зразки з фондів Національного науково-природничого музею НАН України та Київського національного університету імені Тараса Шевченка. У кожному черепі було виміряно 18 краніометричних ознак. Серед колекційних екземплярів стать було вірогідно встановлено лише для 19 дорослих особин (15 самців і 4 самки). Для зменшення розмірності простору ознак проведено аналіз головних компонент (PCA) із попереднім масштабуванням змінних. Перші чотири компоненти (≈85% загальної дисперсії) використано для подальшого тестування. Оцінку міжстатевих відмінностей здійснено за допомогою багатовимірного дисперсійного аналізу та перестановочної процедури, реалізованої у пакеті RRPP (Randomized Residual Permutation Procedure) системи R.

Результати RRPP не виявили статистично значущих відмінностей між самцями та самками у багатовимірному просторі ознак ($p > 0.6$). Параметричний MANOVA (критерій Піллаї) дав схожий результат, що підтверджує стабільність отриманих висновків незалежно від типу статистичної процедури. Отримані результати узгоджуються з тим, що відомо про інші популяції цього виду. Таку морфологічну подібність статей можна пояснити особливостями соціальної організації виду. Відомо, що ступінь диморфізму в хижих корелює зі репродуктивною стратегією: він є значним у полігамних видів і мінімальним – у моногамних (Gittleman et al., 1997). Оскільки єнотоподібний собака є переважно моногамним видом, відсутність жорсткої внутрішньовидової конкуренції самців за самок може знижувати інтенсивність статевого добору за ознаками, пов'язаними з розмірами та масивністю черепа (Takatsuki et al., 2025).

Венчак Б., Хамар І.

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ БІОМОНІТОРИНГУ ЕКОТОНІВ ОЗЕР ШАЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: bohdan.venchak@lnu.edu.ua

Venchak B., Khamar I. CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF BIOMONITORING IN LAKE ECOTONES OF SHATSK NATIONAL NATURE PARK. Anthropogenic impact remains a critical challenge for the lake ecosystems of Shatsk National Nature Park, particularly within its highly sensitive ecotone zones. While traditional hydrochemical monitoring is often limited and short-term, a conceptual biomonitoring approach based on the structural and functional characteristics of macrophytes and associated hydrobionts (molluscs, plankton, benthos) provides a more comprehensive assessment. By establishing correlations between physicochemical water parameters and biological indices, this approach forms a reliable basis for long-term ecological evaluation. Such bioindication methods are essential for maintaining effective environmental monitoring under the current resource constraints in Ukraine.

Шацький національний природний парк (ШНПП) є унікальним озерним комплексом, який зазнає інтенсивного рекреаційного навантаження (Колтун, 2022), особливо в літній період. Найбільш вразливими до антропогенного впливу є екотони – перехідні зони між сушею та водним середовищем. Саме в екотонах зосереджена найвища біорізноманітність і вони першими приймають на себе удар від забруднення та фізичного порушення берегових ліній. У зв'язку з цим, комплексна оцінка стану екотонів є критично важливою для збереження екосистем парку.

Аналіз сучасних гідроекологічних досліджень свідчить, що рекреаційна діяльність призводить до зміни фізико-хімічних параметрів води (збільшення трофності, коливання pH, зниження рівня розчиненого кисню, накопичення біогенних елементів тощо) (Коніщук, 2023; Ковальчук, 2022; Колтун, 2021). Традиційний гідрохімічний моніторинг фіксує стан водойми лише на момент відбору проб. Натомість структурно-функціональні характеристики угруповань гідробіонтів (макрозообентосу, планктону, молюсків) і стан заростей макрофітів відображають довготривалі тенденції змін якості води. Водні організми та водні рослини виступають не лише індикаторами, але й активними регуляторами стану екосистеми через процеси біофільтрації та самоочищення водойм (Афанасьєв, 2019; Poikane, 2018).

Теоретичне вирішення проблеми потребує переходу від точкового гідрохімічного контролю до комплексного біомоніторингу. Ефективна модель оцінки рекреаційного навантаження має базуватися на інтегрованому вивченні гідробіоценозів (гідробіонтів та макрофітів) в екотонах. Оптимальний алгоритм такого моніторингу повинен передбачати: аналіз видового складу та структурно-функціональної організації молюсків, планктону та бентосу в літоральних зонах, особливо в межах фітофільних угруповань, де макрофіти слугують основним субстратом; оцінку стану, поширення та стійкості угруповань макрофітів в умовах різного рівня рекреаційного тиску; встановлення кореляційних зв'язків між фізико-хімічними показниками води, просторовою структурою рослинного покриву та комплексом біологічних індексів (індекси різноманіття, сапробності, аналіз функціональних груп).

Системне використання чутливих біоіндикаторів серед мешканців екотонів є ключем до розробки дешевшої та ефективнішої моделі моніторингу якості води. Особливої актуальності це набуває в умовах обмеженого фінансування природоохоронних заходів через війну в Україні, яка спричинила зниження рівня системного контролю за станом довкілля. Запропонована теоретична модель біоіндикації у майбутньому може бути імплементована в практику ШНПП та використана для інших природоохоронних територій для забезпечення сталого природокористування.

Глуховська О., Коваль Н., Шеверя В., Дикий І.

ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ ЗИМОВОГО ФОТОМОНІТОРИНГУ ФАУНИ ССАВЦІВ НА ТЕРИТОРІЇ УЖАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: hlukhovska13@gmail.com

Hlukhovska O., Koval N., Sheveria V., Dykyy I. RESULTS OF ANALYSIS OF WINTER PHOTOMONITORING OF FAUNA FROM THE TERRITORY OF UZHANSKY NATIONAL NATURE PARK. Using camera trap data from the autumn–winter periods of 2024–2025, 14 species of meso- and megafauna were recorded in Uzhansky NNP. Daily activity patterns were identified. Six species (*Lynx lynx, Canis lupus, Vulpes vulpes, Meles meles, Martes martes, Sus scrofa*) were primarily active in the evening and at night (18:00–02:00), while two species (*Capreolus capreolus, Cervus elaphus*) were active during daytime hours (09:00–11:00). Most species showed no clear dependence on temperature, although *Ursus arctos* and *Meles meles* reduced activity by 66.7% at temperatures below 0°C.

Вперше на території Ужанського національного природного парку (далі – Парку) з грудня 2024 р. по березень 2025 р. проведено детерміністичний моніторинг рисі євразійської синхронно з колегами транскордонного біосферного резервату «Східні Карпати», зокрема, Бещадського національного парку (Польща) та національного парку «Полоніни» (Словаччина), профінансованого міжнародним проєктом LECA. Фотопастки були розміщені по 2 шт. на 30-ти локаціях Парку (умовні квадрати сіткою 2,5×2,5 км), захопивши і прикордонну зону, і центральні території. Всього для детерміністичного моніторингу було використано 60 фотопасток. Одночасно цими ж фотопастками проводилася цілодобова реєстрація усіх великих і помітних представників теріофауни Парку. Перші сучасні ґрунтовні дослідження теріофауни Парку проводилися з початку його створення – з 1999 року (Коваль, 2025). Загалом на території парку зареєстровано 68 видів ссавців: парнокопитних – 5, хижих – 13, гризунів – 17, комахоїдних – 8, рукокрилих – 21 вид (Коваль, Башта, 2018). Фотопастки дозволили реєструвати великі (або помітні) види ссавців: копитних та хижих, рідше – гризунів та комахоїдних. Зимовий фотомоніторинг, проведений взимку 2024/2025 та у листопаді–грудні 2025 рр. свідчить, що на території Парку площею 461,32 км^2 зафіксовано 14 видів теріофауни. Загалом, за даний період фотопастки зареєстрували такі види ссавців: *Lynx lynx, Ursus arctos, Canis lupus, Vulpes vulpes, Meles meles, Martes martes, Capreolus capreolus, Cervus elaphus, Sus scrofa, Lepus europaeus, Felis silvestris, Mustela putorius, Sciurus vulgaris, Erinaceus roumanicus.* Найчастіше денна активність зареєстрована фотопастками у *C. capreolus* (75,1%) та *U. arctos* (75%). Зазвичай вона припадає на 9:00–11:00 години доби. В таких хижаків як *L. lynx* (66,7%), *M. meles* (100%), *C. lupus* (61,5%), *V. vulpes* (80,9%), *S. scrofa* (81,2%), *M. martes* (90,5%) найчастіше зафіксована нічна та сутінкова активність у вечірні й нічні години доби – з 18:00 по 2:00 год.

Виявлено, що активність тварин у зимовий період також залежить від температури повітря. Зокрема, в таких видів ссавців як *C. elaphus* (61,7%) та *L. lynx* (88,9%) зареєстрована активність за температур нижче нуля (найчастіше при –6°C і –2°C). Такі види як *U. arctos* (75%) та *M. meles* (75%) навпаки були активними при плюсових значеннях температури. Під час морозів активність обох видів знижувалася на 66,7%.

Виняток становлять такі представники теріофауни як *C. capreolus*, *V. vulpes*, *S. scrofa*, *M. martes*, *C. lupus*, активність яких не залежала від температури, і вони реєструвались фотопастками постійно, при різних її коливаннях від –5°C до +15°C.

У результаті аналізу фотопасток за осінньо-зимовий період у 2024 р. та 2025 р. встановлено, що більшість представників видів проявляють кращу активність залежно від часу доби та крайніх значень температури і зберігають цю динаміку протягом двох розглянутих місяців. Отримані результати відображають видовий склад і тенденцію активності мезо- та мегатеріофауни у листопаді та грудні на території Ужанського НПП.

Готра Є., Хамар І.

ВПЛИВ МАЛИХ ГЕС ЗАКАРПАТТЯ НА ГІДРОБІОНТІВ ГІРСЬКИХ ВОДОТОКІВ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: zhekahotra@gmail.com

Hotra Y., Khamar I. THE INFLUENCE OF SMALL HPPs (HYDRO POWER PLANTS) IN TRANSCARPATHIA ON HYDROBIOTICS OF MOUNTAIN WATERWAYS. Mountain watercourses of Transcarpathia are characterized by a high level of biodiversity and a specific structure of hydrobiont communities, shape by fast flow, low temperatures and well-oxygenated conditions. The development of small hydropower is considered in Ukraine as a component of "green" energy, especially in the Carpathian region, where water flows have high energy potential. However, hydroecological risks, in particular the impact on hydrobionts, remain an urgent problem, since changes in hydrology and the flow environment can negatively affect the biota of watercourses.

Для гірських водотоків Закарпаття характерні високий рівень біорізноманіття і специфічна структура гідробіонтних угруповань, сформованих під впливом швидкої течії, низьких температур й добре аерованого середовища (Голубець, 2003; Романенко, 2006). Активне будівництво малих гідроелектростанцій (МГЕС), здебільшого деривaційного типу, розглядається в Україні як компонент «зеленої» енергетики, особливо у Карпатському регіоні, де потоки води мають високий енергетичний потенціал (Стойко, Голубець, 2012). Однак гідроекологічні ризики, зокрема вплив на гідробіонтів, залишаються гострою проблемою, оскільки зміни гідрології та середовища потоку можуть негативно впливати на біоту водотоків (Романенко, 2006; Афанасьєв, Тимченко, 2011). Дослідження проводили на гірських річках Закарпатської області з функціонуючими МГЕС та на контрольних ділянках без гідротехнічного впливу. Оцінювався стан макрозообентосу та іхтіофауни, а також гідрологічні показники (швидкість течії, витрати води, характер субстрату). Аналіз здійснювався з використанням загальноприйнятих біоіндикаційних підходів та індексів біорізноманіття (Афанасьєв, Тимченко, 2011; Методичні рекомендації з біологічного моніторингу поверхневих вод, 2018). Встановлено, що експлуатація МГЕС порушує природній гідрологічний режим, зменшуючи швидкість течії, амплітуду коливань рівня води на деривaційних ділянках (Ковальчук, Михнович, 2014). Це призводить до деградації донних біоценозів, зниження чисельності та видового різноманіття макрозообентосу, передусім таких чутливих таксонів як Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (Афанасьєв, Тимченко, 2011). В іхтіофауні спостерігається зменшення чисельності реофільних видів і фрагментацію ареалів через міграційні бар'єри (Стойко, Голубець, 2012). Отримані результати узгоджуються з даними українських і зарубіжних досліджень та свідчать, що малі ГЕС у гірських умовах Карпат мають суттєвий негативний вплив на екологічну цілісність водотоків (Ковальчук, Михнович, 2014). З огляду на це, будівництво й експлуатація МГЕС потребують обов'язкового врахування екологічного стоку, впровадження рибопропускних споруд і системного гідробіологічного моніторингу (Романенко, 2006). У контексті карпатських гірських річок важливо враховувати локальні особливості: природно високий градієнт течії, холодна вода та обмежені оселища роблять ці екосистеми особливо вразливими до антропогенних змін режиму потоку (Голубець, 2003; Стойко, Голубець, 2012). МГЕС суттєво змінюють гідрологічний режим гірських водотоків, що призводить до коливань витрат води та зменшення доступності природних середовищ для гідробіонтів. Біорізноманіття макрозообентосу та іхтіофауни знижується на ділянках нижче гребель МГЕС, із переважанням толерантних видів і зменшенням чутливих гідробіонтів (Афанасьєв, Тимченко, 2011). Отримані результати можуть бути використані для екологічного обґрунтування проєктів малої гідроенергетики, розробки заходів щодо збереження біорізноманіття гірських річок та удосконалення системи екологічного моніторингу водних екосистем Закарпаття, зокрема: впровадження санітарних попусків для підтримки природного гідрологічного режиму; застосовування рибопропускних споруд для збереження міграційних шляхів іхтіофауни; обліку гідробіонтів до і після введення МГЕС в експлуатацію; обмеження будівництва нових МГЕС у ділянках із високою цінністю природних гідробіотичних угруповань.

Додурич М., Колтун І., Хамар І.

ТЕНДЕНЦІЇ ПОШИРЕННЯ ІНВАЗИВНИХ ВИДІВ ПРІСНОВОДНИХ МОЛЮСКІВ РОЗТОЧЧЯ (ЗАХІДНА УКРАЇНА)

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: mykhailo.13@gmail.com

Dodurych M., Koltun I., Khamar I. TRENDS IN THE SPREAD OF INVASIVE FRESHWATER MOLLUSK SPECIES IN ROZTOCHCHYA (WESTERN UKRAINE). This paper summarizes literature on invasive freshwater molluscs in the Roztochchya region (Western Ukraine) and highlights distribution trends. Comparisons of historical (late 19th – early 20th centuries) and recent records (late 20th – 21st centuries), show an increasing alien component, including *Potamopyrgus antipodarum*, *Physella acuta*, *Menetus dilatatus*, *Dreissena polymorpha*, *Dreissena bugensis*, and *Sinanodonta woodiana*. Spread is facilitated by human-mediated transfer and hydrological corridors.

Інвазії прісноводних молюсків є важливим чинником трансформації водних екосистем: вони впливають на структуру бентосу, прозорість води, трофічні ланцюги та конкурентні взаємодії з аборигенними видами. Для Розточчя – регіону з поєднанням природоохоронних територій і ділянок інтенсивного антропогенного впливу – проблема поширення адвентивних видів має як екологічне, так і прикладне значення.

Мета роботи – узагальнити дані щодо потенційних інвазивних (адвентивних) видів прісноводних молюсків Розточчя та окреслити ймовірні напрямки їхнього поширення.

Проаналізовано літературні джерела щодо потенційної прісноводної малакофауни заходу України (наприклад, Potamopyrgus antipodarum, Physella acuta, Menetus dilatatus, Dreissena polymorpha, Dreissena bugensis, Sinanodonta woodiana) (Gural, 2020). Для оцінки «трендів» використали порівняння ранніх історичних згадок (друга половина XIX – перша половина XX ст.) із сучасними реєстраціями (друга половина XX–XXI ст.) (Gural, 2020).

Встановлено тенденцію до збільшення ролі адвентивного компоненту в складі прісноводної малакофауни заходу України. Для Розточчя це може бути пов'язано з активним антропогенним перенесенням видів (рибогосподарська діяльність, переміщення макрофітів, меліоративні роботи, рекреація) та проникнення видів через водні коридори (Gural, 2020).

Дрейсени, потрапляючи у водойми, стають інженерами екосистем. Зокрема, D. bugensis має високу фільтраційну активність та здатність формувати щільні скупчення й інтенсивне обростання на природних і штучних субстратах. Це може зумовлювати зміни у структурі планктону й бентосу, а також створює техногенні проблеми, зокрема обростання гідротехнічної інфраструктури (IUCN/SSC ISSG, 2026). Важливо, що личинки цих молюсків можуть осідати не лише на твердих субстратах, а й на макрофітах чи колоніях інших дрейсен, що сприяє закріпленню популяцій у водоймах із розвиненими вищими водними рослинами (IUCN/SSC ISSG, 2026).

Іншим важливим видом є *S. woodiana*, поширення якого в Європі пов'язують із рибогосподарськими інтродукціями. Водойми зі штучним зарибленням і ставкові системи стають потенційними «вхідними воротами» для Розточчя, особливо в районах інтенсивної людської діяльності. Завдяки цьому вид здатний швидко колонізувати прісноводні екосистеми (Янович, 2012).

Найімовірнішими осередками появи інвазивних молюсків у межах Розточчя є водойми з високою антропогенною активністю (стави, канали, ділянки річок у межах населених пунктів, водойми з інтенсивним рекреаційним використанням), ділянки з розвиненими макрофітами, що слугують субстратом для осідання личинок (IUCN/SSC ISSG, 2026). Тому, доцільним є моніторинг ключових водойм регіону, зіставлення сучасних знахідок із музейними матеріалами, а також оцінка ролі макрофітів як потенційного субстрату для осідання велігерів дрейсен (IUCN/SSC ISSG, 2026). Для прикордонного регіону, яким є Розточчя, важливим також є врахування транскордонного аспекту поширення адвентивних видів.

Долинич М.

ВИДОВА СТРУКТУРА І ЧИСЕЛЬНІСТЬ ПТАХІВ-ДУПЛОГНІЗНИКІВ БУКОВОГО ЛІСУ НА ОКОЛИЦЯХ М. ПЕРЕЧИН ПІД ЧАС ГНІЗДОВОГО ПЕРІОДУ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», вул. А. Волошина, 32, м. Ужгород, 88000, Україна; e-mail: dolynych.myroslava@student.uzhnu.edu.ua

Dolynych M. SPECIES STRUCTURE AND ABUNDANCE OF CAVITY-NESTING BIRDS IN A BEECH FOREST NEAR PERECHYN DURING THE BREEDING PERIOD. Cavity-nesting birds are important indicators of forest structure and maturity due to their ecological specialization. This study assesses the species structure and abundance of cavity-nesting birds in a beech forest near Perechyn (Zakarpattia Region, Ukraine) during the breeding period using transect surveys. During the period from April to June 2025, 13 species were recorded, with secondary cavity nesters dominating (62%) and zoophages forming the majority (77%) of the assemblage.

Букові ліси мають різноманітну просторову структуру та, як наслідок, велику кількість екологічних ніш. Птахи-дуплогнізники є спеціалізованою екологічною групою лісової орнітофауни, оскільки їхні присутність і життєвий цикл пов'язані зі структурою деревного ярусу. Ця екологічна група птахів чутлива до змін у лісових біоценозах. Інтенсивне лісокористування призводить до дефіциту гніздових і харчових ресурсів птахів-дуплогнізників (Mikisiński & Angelstam, 1997; Станкевивич-Волосянчук, 2021). Для більшості лісів на території Закарпаття бракує локальних орнітологічних досліджень, зроблених на базі регулярних польових обліків. Через зростання рівня порушення лісових екосистем дослідження видового складу та чисельності птахів-дуплогнізників має важливе значення для орнітології і збереження біорізноманіття (Korňan & Adamík, 2014; Saniga, 2011).

Дослідження птахів-дуплогнізників букового лісу на околицях м. Перечин Закарпатської області були нами здійснені під час гніздового періоду. Обліки охопили період із квітня по червень 2025 року. Для обліків було застосовано маршрутний метод. Довжина маршруту становила 2 км, ширина облікової смуги становила 50 м (по 25 м із кожного боку). За період обліків у буковому лісі на околицях м. Перечин нами виявлено 13 видів птахів-дуплогнізників: *Dendrocoptes medius*, *Dendrocopos major*, *Picus viridis*, *Picus canus*, *Dryocopus martius*, *Ficedula albicollis*, *Parus major*, *Cyanistes caeruleus*, *Periparus ater*, *Poecile palustris*, *Sitta europea*, *Certhia familiaris*, *Sturnus vulgaris*. Окрім типових для букових лісів видів було виявлено синицю чорну *Periparus ater*, яка характерна для хвойних лісів, що свідчить про домішки хвойних порід у лісі, де проводилося дослідження. Видова структура угруповання птахів-дуплогнізників у досліджуваному нами буковому лісі представлена 8 чисельними видами (численність яких у межах від 10 до 100 ос./км^2) та 5 звичайних видів (численність яких у межах від 1 до 10 ос./км^2). До чисельних видів належать: *Dendrocopos major, Picus viridis, Picus canus*, *Ficedula albicollis*, *Parus major*, *Cyanistes caeruleus*, *Sitta europea*, *Sturnus vulgaris*; до звичайних – *Dendrocoptes medius*, *Dryocopus martius*, *Periparus ater*, *Poecile palustris*, *Certhia familiaris*.

За типом гніздування 5 видів (38%) є первинними дуплогнізниками (дятли), 8 видів (62%) – вторинними (синиці, мухоловки, повзики, підкоришники).

За типом харчування 3 види (23%) є поліфагами (дятел звичайний, синиця велика, шпак звичайний), 10 видів (77%) – зоофагами (із них 3 види (23%) є мірмекофагами: жовна зелена, жовна сива, жовна чорна; 7 видів (54%) є ентомофагами: дятел середній, синиця блакитна, синиця чорна, гаїчка болотяна, мухоловка білошия, повзик звичайний, підкоришник звичайний).

Структурно-функціональні характеристики угруповання дуплогнізних птахів букового лісу передгір'я Вигорлат-Гутинського хребта на Перечинщині у Закарпатті свідчать про природну структуру лісового середовища та достатню кількість екологічних ніш.

Жиколяк А., Семак У.

ОСОБЛИВОСТІ ВЕРТИКАЛЬНОЇ ЗОНАЛЬНІСТІ ОРНІТОФАУНИ ВЕРХОВИНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Галицька, 201 Б, м. Івано-Франківськ, 76000, Україна; e-mail: anastasiia.zhykoliak.22@pnu.edu.ua

Zhykoliak A., Semak U. ALTITUDINAL ZONATION OF THE AVIFAUNA OF VERKHOVYNSKYI NATIONAL NATURE PARK. The study analyzes the species diversity and distribution of 125 bird species across the altitudinal gradient of Verkhovynskyi National Nature Park. Research identified three distinct belts: lower montane (600–1000 m), middle montane (1000–1400 m), and upper montane (above 1400 m a.s.l.). Passeriformes constitute the dominant group (54.4% of total richness). Spatial distribution is primarily driven by phytocoenotic structure and hydrothermal factors. The presence of rare species (~40%) highlights the significant conservation value of the area and emphasizes the necessity for systematic long-term monitoring.

Зміни у структурі та чисельності орнітофауни гірських екосистем є одним із важливих індикаторів екологічної стабільності й ефективності збереження біорізноманіття Карпатського регіону, а моніторинг забезпечує їх своєчасне виявлення (Башта, 2007). На території Верховинського національного природного парку (НПП) таксономічна структура орнітокомплексів визначається висотним градієнтом Чивчино-Гринявського масиву, що обумовлює закономірну трансформацію видового складу відповідно до вертикальної поясності (Зеленчук, 2012). Значна частка рідкісних таксонів у складі орнітоценозів підкреслює наукову цінність вивчення закономірностей диференціації авіфауни під впливом природних та антропогенних чинників (Проць та ін., 2019).

Методологічну основу дослідження становили аналіз і систематизація даних щодо видового різноманіття орнітофауни, отриманих із матеріалів «Літопису природи» (Коляджин, 2020), із подальшою верифікацією результатів у ході польових досліджень протягом 2021–2024 рр. Облік птахів здійснювали зі застосуванням маршрутного (трансектного) методу з використанням візуально-акустичної ідентифікації на 12 трансектах загальною площею 480 га (близько 3,2% території парку). Оцінку щільності популяцій проводили методом точкових обліків із фіксованим радіусом реєстрації 50 м на 36 точках у репрезентативних біотопах, забезпечуючи високу достовірність порівняння даних між різними висотними рівнями. Емпіричний аналіз дозволив ідентифікувати 125 видів птахів, що належать до 38 родин. За кількістю видів (68 видів, або 54,4% від загальної кількості) домінує ряд Горобцеподібні (*Passeriformes*). Просторовий розподіл авіфауни демонструє чітку вертикальну стратифікацію в межах низькогірного (600–1000 м н.р.м.), середньогірного (1000–1400 м н.р.м.) та високогірного (понад 1400 м н.р.м.) поясів. Найбільше видове різноманіття зафіксовано у середньогірному лісовому поясі, обумовлене високою гетерогенністю та ярусністю рослинного покриву, де домінують зяблик (*Fringilla coelebs*), синиця велика (*Parus major*) та вільшанка (*Erithacus rubecula*).

Встановлено: ключовими предикторами розподілу птахів є фітоценотична структура, ярусність рослинності та гідротермічний режим територій. У високогір'ї орнітофауна представлена переважно стенобіонтними видами – щевриком гірським (*Anthus spinoletta*) та жайворонком рогатим (*Eremophila alpestris*), чиє поширення обмежене специфічними умовами субальпійського середовища. На важкодоступних ділянках підтверджено гніздування рідкісних хижаків – беркута (*Aquila chrysaetos*) (2 гніздові пари) та сапсана (*Falco peregrinus*) (1 гніздова пара). Частка рідкісних та охоронюваних таксонів становить близько 40% (Мателешко, Потіш, 2006), що вказує на необхідність подальшого довготривалого моніторингу орнітофауни як чутливого індикатора екологічної стабільності гірських екосистем. Отримані результати демонструють виражену вертикальну зональність орнітофауни Верховинського НПП у трьох висотних поясах, що відображає комплексний вплив природних й антропогенних чинників на формування орнітокомплексів. Це підтверджує високу природоохоронну цінність території і вказує на необхідність подальшого довготривалого моніторингу орнітофауни гірських екосистем як індикатора їхньої екологічної стабільності.

Каленич К., Воронкова Ю.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ООТЕК ТА ВИЖИВАННЯ НІМФ БОГОМОЛІВ (MANTODEA) В УМОВАХ ПРИРОДНОЇ ТА ШТУЧНОЇ ЗИМІВЛІ

Національний технічний університет «Дніпровська Політехніка», просп. Дмитра Яворницького, 19, Дніпро, 49005, Україна; e-mail: kalenych.k.o@nmu.one

Kalenych K., Voronkova Yu. FEATURES OF OOTPHECA DEVELOPMENT AND SURVIVAL OF MANTID NYMPHS (MANTODEA) UNDER NATURAL AND ARTIFICIAL WINTERING CONDITIONS. Artificial acceleration of ootheca development without a full period of cold diapause led to the emergence of weakened nymphs with lower survival rates. Full natural overwintering ensured the formation of more viable offspring.

Богомоли (Mantodea) належать до роду хижих комах, близькоспоріднених з тарганами і об'єднаних з ними в надряд Dictyoptera (Пушкар, 2016). У світовій фауні налічується близько 2300 видів, проте на території України мешкають тільки сім із них. Серед них: звичайний богомол (*Mantis religiosa* (Linnaeus, 1758)), деревний богомол закавказький (*Hierodula transcaucasica* (Brunner von Wattenwyl, 1878)), богомольчик Гельдрейха (*Ameles heldreichi* (Brunner von Wattenwyl, 1882)), емпуза піщана (*Empusa pennicornis* (Pallas, 1773)), емпуза смугаста (*Empusa fasciata* (Brullè, 1832)), ірис плямистокрилий (*Iris polystictica* Fischer-Waldheim, 1846)) і боліварія короткокрила (*Bolivaria brachyptera* (Pallas, 1773)). Чотири зі згаданих видів занесені до Червоної книги України (ЧКУ, 2009). У місцях трапляння рідкісних видів рекомендовано створення ентомологічних заказників (Кавурка, 2016).

Спостереження проводили протягом 2024–2026 рр. Об'єктами дослідження були оотеки та німфи *Mantis religiosa distinction* (Linnaeus, 1758) та *Iris polystictica* (Fischer-Waldheim, 1846). Частина оотек проходила природну зимівлю в умовах відкритого ґрунту, частина утримувалася з імітацією підвищених температур для прискорення розвитку в лабораторних умовах. Після вилуплення німфи утримувалися індивідуально в малих інсектаріях або випускалися у сад. Годування в лабораторних умовах здійснювали дрібними двокрилими (*Drosophila* spp.). Самка формує оотеку шляхом виділення пінистого секрету, який швидко твердне та утворює захисну капсулу. Кількість яєць у кладці становить від 10 до 200. Яйця перебувають у стані діапаузи та здатні витримувати зниження температури до –20°C (Salt et al., 1947).

У травні 2025 р. відбулося масове вилуплення 136 німф *M. religiosa*. Тридцять особин утримувалися індивідуально в контрольованих умовах, решта були випущені у природне середовище. В червні спостерігалося різке похолодання і тривалі опади, що спричинило зменшення кормової бази. У природних умовах відзначено високу смертність молоді, ймовірно через дефіцит здобичі та канібалізм. Натомість особини, що утримувалися в інсектаріях та регулярно отримували корм, продемонстрували значно вищу виживаність. В ході спостереження виявлено, що штучне прискорення розвитку оотек без повноцінного періоду холодової діапаузи призводило до появи ослаблених німф із нижчими показниками виживання. Повноцінна природна зимівля забезпечувала формування життєздатнішого потомства. У вересні 2025 р. відбулося спарювання двох пар *I. polystictica* (2 самці, 2 самки). Внаслідок чого самки відклали: перша – дві оотеки, друга – три оотеки. Вилуплення потомства очікується навесні 2026 р. Подальші дослідження планується спрямувати на поглиблене вивчення чинників, що впливають на виживаність і стабільність популяцій.

I. polystictica вважається рідкісним видом та є корисним ентомофагом. У природі реєструються лише поодинокі екземпляри. Причини зміни чисельності: степові пожежі, перевипас, розорювання цілинних ділянок степу, знищення колків, освоєння гірських схилів, застосування пестицидів; тому доцільне створення заказників. Отже, проведені спостереження за *M. religiosa* та *I. polystictica* показали, що повноцінна природна зимівля є ключовою умовою формування життєздатного потомства, тоді як штучне прискорення розвитку знижує виживаність німф. Висока смертність у природі за несприятливих погодних умов підкреслює вразливість популяцій, що обґрунтовує необхідність збереження природних біотопів і створення ентомологічних заказників.

Касіцкі Я.-Ю., Заморока А.

БІОТОПІЧНИЙ РОЗПОДІЛ ФАВНИ МУРАШОК (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) У ГАЛИЦЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ ПРИРОДНОМУ ПАРКУ

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Т. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна; e-mail: yaroslav-iurii.kasitski.22@pnu.edu.ua

Kasicki Ya.-Yu., Zamoroka A. BIOTOPIC DISTRIBUTION OF ANTS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) IN THE HALYCH NATIONAL NATURE PARK. The study revealed clear biotopic patterns of ant distribution in Halych National Nature Park. The highest diversity was recorded on fallow lands (26 species) and post-forest meadows (18 species), whereas other habitats supported considerably fewer species. *Myrmica rubra, M. ruginodis, Formica glauca*, *F. cunicularia*, *Lasius niger*, *L. flavus*, *L. brunneus*, *L. platythorax*, and *L. emmarginatus* were the most widespread and abundant taxa. Several species occurred in multiple habitats, while many others were rare and confined to one or two biotopes.

Галицький національний природний парк розташований на межі фізико-географічних регіонів Передкарпаття та Опілля, які розділені річкою Дністер. Парк характеризується екологічними градієнтами, спрямованими з південного заходу на північний схід, вздовж яких спостерігається спад висот і рівня зволоження, а на противагу – зростання температур. Це, у сукупності з антропогенною трансформацією території, сформувало дуже мозаїчний ландшафт. Ентомофавна Галицького НПП налічує 1598 зареєстрованих видів із 13 рядів (Zamoroka, 2023), а мурашки залишались майже не дослідженими. Першу та єдину в XX ст. згадку про мурашок із Касової Гори подали Ян Кінель і Ян Носкевич (1924), пізніше її повторив Ярослав Ломницький (1925). Лише у XXI ст. з'явилися нові дані, 14 видів (Микитин & Стефурак, 2008) і *Formica foreli* (Bondroit, 1918) (Радченко, 2012) із тієї ж місцевості. Фавна мурашок була підсумована у 2018 р., включаючи 21 вид (Заморока та ін., 2018), а наші дослідження довели її до 48-ми видів (Kasicki & Zamoroka, 2025).

Наше дослідження базувалося на матеріалах, зібраних в період з 2011 по 2018 роки, які зараз зберігаються законсервовані в 96% етанолі у наукових колекціях кафедри біології та екології КНУ ім. В. Стефаника. Зразки збирали ґрунтовими пастками типу Барбера на 100 дослідних ділянках, які охоплюють всі основні типи екосистем. Розбір проб й ідентифікація матеріалів здійснювалися на базі Лабораторії філогенії та еволюції тварин. Для визначення видів використовували найсучасніше узагальнення фавни мурашок України (Радченко, 2016).

У результаті нашого дослідження встановлено біотопічні особливості розповсюдження мурашок у Галицькому НПП. Найбільше різноманіття ми виявили на перелогах – 26 видів. Дещо менше – 18 видів, – знайдено на післялісових луках. Тоді як у інших типах біотопів видове багатство було значно нижчим: 4 виявлено на лучних степах, 6 – у дібровах, 7 – у бучинах, 5 – у яличинах, 6 – на болотах і 2 види – у вербинах. Наймасовішими видами є *Myrmica rubra* та *Myrmica ruginodis*, вони зафіксовані у більшості (окрім лучних степів) вказаних біотопів, адже є вологолюбними евритопами. У трьох і більше середовищах трапляються: *Formica glauca, F. cunicularia, Lasius niger, L. flavus, L. brunneus, L. platythorax, L. emmarginatus*. Значно рідше траплялися види, що були представлені тільки в 1–2 біотопах або з поодинокими знахідками, зокрема: *Formica rufibarbis, F. picea, F. cinerea, F. gagates, F. burni, Lasius alienus, L. paralienus, L. bicornis, Myrmecina graminicola, Myrmica sulcinodis, M. gallienii, M. bergi, M. specioides, M. scabrinodis, M. schencki, Camponotus piceus, C. lateralis, C. vagus, C. fallax, Hypoponera punctatissima, Polyergus rufescens, Plagiolepis tauricus, Salenopsis fugax, Tetramorium ferox, Tetramorium caespitum, Monomorium pharaonis, Aphaenogates splendida, Temnothorax crassispinus.*

Загалом наявний на сьогодні видовий перелік мурашок Галицького НПП охоплює 8 біотопів, що все ще є неповним переліком. Перспектива подальших дослідження полягає у розширенні видового різноманіття інших біотопів та доповнюватиме нинішні.

Коцій Д.[1], **Бокотей А.**[1,2]

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРШОЇ ОСІННЬОЇ МІГРАЦІЇ ДВОХ ОСОБИН ЛЕЛЕКИ БІЛОГО (*CICONIA CICONIA*) ЗА ДАНИМИ GPS-ТЕЛЕМЕТРІЇ

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]Державний природознавчий музей НАН України, вул. Театральна, 18, м. Львів, 79008, Україна; e-mail: dn.kotsii@gmail.com

Kotsii D., Bokotey A. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FIRST AUTUMN MIGRATION OF TWO WHITE STORKS (*CICONIA CICONIA*) BASED ON GPS TELEMETRY. The study compares hourly GPS data from two juvenile white storks during their autumn migration. Migration onset, total and active distances, flight intensity, and individual differences were quantified. The eastern flyway via the Bosphorus and the Nile corridor was confirmed.

Метою дослідження було здійснити порівняльний аналіз просторово-часових характеристик першої осінньої міграції двох ювенільних особин лелеки білого (*Ciconia ciconia*), закільцьованих у Волинській області у 2024 році, із використанням даних GPS-телеметрії. Для аналізу використано телеметричні записи особин 06EF Лука і 0811 Світязь, отримані за допомогою GPS/GSM-передавачів FLEX 2G, люб'язно наданих Малопольським орнітологічним товариством. Початок активного міграційного переміщення зафіксовано 10.08.2024 для 06EF і 15.08.2024 для 0811. Початковий масив даних приведено до часової роздільної здатності одна фіксація на годину. Перед розрахунками проведено очищення даних від повторних записів і просторових аномалій, що не відповідали реальним параметрам руху. Дистанцію між послідовними точками визначали як ортодромічну відстань за формулою гаверсинуса (great-circle distance), з урахуванням кривизни земної поверхні (R = 6371 км). Порогове значення швидкості ≥ 5 м/с використовували для виділення сегментів активного міграційного польоту відповідно до підходів, застосованих у дослідженнях телеметрії білого лелеки (Flack et al., 2018). Застосування кількісного підходу до аналізу траєкторій відповідає концепції movement ecology, що розглядає переміщення як інтеграцію поведінкових, просторових і екологічних чинників (Nathan et al., 2008). У Луки активна міграційна фаза охоплювала період 10.08–20.08.2024 (11 діб). За цей час сумарне переміщення становило 1607,99 км, при цьому 73,3% дистанції припадало на сегменти активного польоту. Частка активного часу склала 8,7%. Середня швидкість за активними годинними інтервалами становила 18,42 км/год, максимальна зафіксована – 75,6 км/год. Після 20.08.2024 надходження координат припинилося, тому подальший перебіг міграції цієї особини залишається невідомим. Відтак отримана протяжність маршруту характеризує лише початковий етап осіннього переміщення. На відміну від Луки, Світязь здійснив повноцінний трансконтинентальний проліт. Загальна довжина маршруту становила 11829,86 км, з яких 8443,17 км (71,4%) птах подолав у режимі активного переміщення. Такі періоди склали 12,1% від загальної тривалості міграції. Середня швидкість у ці години становила 16,95 км/год, а максимальна – 119,5 км/год, що може пояснюватися короткими прискореннями під час планерування або впливом попутного вітру. Шлях пролягав через Балканський регіон, Босфорську протоку, Левант, Синайський півострів і долину Нілу до Східної Африки. Після досягнення субекваторіальної зони спостерігалося стабільне зниження добових переміщень, що інтерпретується як перехід до зимівельного періоду. Порівняння отриманих показників засвідчило використання обома особинами східного міграційного коридору виду, що узгоджується з сучасними даними GPS-досліджень першої осінньої міграції ювенільних особин (Jorzik et al., 2025). Водночас відмінності у загальній довжині маршруту та інтенсивності переміщень зумовлені як різницею у масштабі міграції, так і припиненням передачі даних у випадку Луки. Індивідуальні особливості першої осінньої міграції можуть відображати ранні етапи формування міграційної стратегії, що з віком уточнюється завдяки навчанню та накопиченню досвіду (Aikens et al., 2024). Попри це, близькі значення частки активної дистанції свідчать про подібну структурну організацію міграційного циклу. Таким чином, застосування годинної нормалізації телеметричних даних у поєднанні зі швидкісною класифікацією поведінкових станів забезпечує можливість кількісної оцінки міграційної активності та виявлення індивідуальної варіабельності навіть за обмеженої вибірки. Подальший аналіз повних міграційних треків дозволить уточнити закономірності формування стратегій першої осінньої міграції ювенільних особин.

Мартинюк А., Решетило О.

ЗАГИБЕЛЬ ХРЕБЕТНИХ ТВАРИН НА АВТОШЛЯХАХ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: allamartyniuk627@gmail.com

Martyniuk A., Reshetylo O. MORTALITY OF VERTEBRATES ON THE ROADS OF VOLYN REGION. This study examined the environmental impact of roads and traffic on vertebrate mortality along a selected section of paved road T0311 in Volyn region. Species composition (26 species), its number (189 individuals), and frequency of road-kills of amphibians (29.1%), reptiles (44.4%), birds (10.6%), and mammals (15.9%) were analyzed. Seasonal dynamics of mortality and the spatial distribution of recorded road-kill cases were under thorough attention as the roads being artificial barriers fragmenting natural landscapes need some mitigation measures to be implemented.

Інтенсивний розвиток транспортної інфраструктури має суттєві екологічні наслідки, зумовлюючи, зокрема, істотну загибель хребетних тварин на автошляхах під час їх переміщень і міграцій. Щороку дороги розвинених країн світу спричиняють сотні мільйонів випадків загибелі представників дикої фауни, що веде до скорочення їхніх популяцій, порушення міграційних шляхів і втрати біорізноманіття загалом (Schwartz et al., 2020). В Україні ця проблема теж актуальна, оскільки багато автодоріг фрагментують цінні природні ландшафти, стаючи причиною загибелі тварин внаслідок руху автотранспорту (Reshetylo et al., 2019).

Дослідження загибелі хребетних тварин проводили на 17-кілометровій ділянці автошляху Т0311 між сс. Гішин і Запруддя (Ковельський р-н Волинської обл.) з червня 2025 р. до січня 2026 р. Облік загиблих тварин здійснювали маршрутним методом (пішки) щомісяця з ретельним оглядом проїжджої частини та узбіч дороги. Виявлених тварин документували, визначали до виду, після чого рештки прибирали для уникнення повторного врахування.

У результаті проведеної роботи зафіксовано 189 випадків загибелі 26 видів хребетних тварин, серед яких домінують плазуни (84 особини) – *Anguis colchica*, *Lacerta agilis* та, найчисельніший, *Natrix natrix* (77 ос.). Серед земноводних (55 ос.) відзначено *Pelobates fuscus*, *Hyla orientalis*, *Pelophylax* sp. та *Bufo bufo*, якої було найбільше (34 ос.). Найвищу концентрацію і кількість загиблих амфібій (45 ос.) виявили між сс. Тойкут і Запруддя під час гібернаційних міграцій у жовтні. Птахи представлені 20 виявленими особинами 11 видів, займаючи відносно незначну частку в загальній структурі смертності хребетних (10,6%), причому половина усіх жертв автотранспорту припала на три види: *Motacilla alba, Sylvia atricapilla* і *S. borin*. Ссавці представлені вісьмома видами (30 ос.), найчисельнішими з яких виявилися *Vulpes vulpes, Felis catus* і *Erinaceus roumanicus* з сумарною часткою 57%. Найвищу концентрацію загиблих тварин цього класу спостерігали між сс. Гішин і Доротище.

Таким чином, просторова концентрація загиблих особин хребетних тварин на встановлених відтинках дороги може свідчити про перетин їхніх природних міграційних шляхів, що вказує на необхідність впровадження у таких місцях природоохоронних заходів задля зниження рівня смертності фауни і підвищення безпеки руху на дорогах.

Мельник С., Заморока А.

ФІЛОГЕОГРАФІЯ ЧОРНОГУЗКИ ДВООПЕРЕЗАНОЇ (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE: *STENURELLA BIFASCIATA*) У ЄВРОПІ

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна; e-mail: stepan.melnyk.24@pnu.edu.ua

Melnyk S., Zamoroka A. PHYLOGEOGRAPHY OF *STENURELLA BIFASCIATA* (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE) IN EUROPE. Deep genetic divergence was detected in *Stenurella bifasciata*, represented by five distinct haplogroups with clear geographic structure across Europe and the Caucasus. Haplogroup 1 is widespread, whereas haplogroup 5, confined to the Caucasus, shows the highest divergence (0.08–0.10 substitutions per site) and may warrant species status. Other lineages exhibit moderate distances (0.02–0.06). The phylogeographic pattern indicates a complex evolutionary history of the species.

Рід чорногузка (*Stenurella* Villiers, 1974) тривалий час залишався поза увагою систематиків і вважався таксономічно стабільним, аж до його першої ревізії і розробки підродової системи (Özdikmen, 2013). Однак використання молекулярних даних продемонструвало попередню немонофілетичність роду (Semaniuk & Zamoroka, 2020), попри значну морфологічну подібність між видами, що явно приховувало їхню реальну еволюційну дивергенцію (Zamoroka et al., 2022). Використання інтегративного підходу, що поєднує мітохондріальні та ядерні маркери з однієї сторони і морфологію – з іншої, дозволило виявити реальне таксономічне положення низки видів і виправити попередні помилки (Zamoroka et al., 2022). Наше чинне дослідження представляє детальний філогенетичний і філогеографічний аналізи одного із видів роду – чорногузки двоперезаної (*Stenurella bifasciata* (O.F. Müller, 1776)), вносячи вклад у розв'язання еволюційної проблематики *Stenurella*.

Дослідження ґрунтується на власних секвенсах з України і доступних у геномних базах даних GenBank, BOLD Systems та CaBOL секвенсах COI. Алгоритм дослідження включав первинну обробку і множинне вирівнювання секвенсів у SeaView 5.0, а відтак побудову філогенетичного дерева для встановлення еволюційних зв'язків. На основі топології дерева зразки були кластеризовані у п'ять гаплогруп. Оцінка генетичної дивергенції та розрахунок дистанцій між лініями здійснювалися в пакеті MEGA. Завершальним етапом став просторово-географічний аналіз та картографування ареалів за допомогою DIVA-GIS. Такий підхід забезпечив комплексну інтерпретацію генетичних та географічних даних.

За результатами дослідження було встановлено глибоку генетичну дивергенцію виду *S. bifasciata*, представлену п'ятьма окремими гаплогрупами. Найбільш чисельною та поширеною виявилася гаплогрупа 1, яка домінує у країнах Західної, Центральної та півночі Східної Європи. На противагу їй, гаплогрупа 2 наразі відома лише за єдиним зразком із Північного Причорномор'я України, що вказує на потребу в розширенні вибірки, проте вже зараз підтверджує її генетичну унікальність. Гаплогрупа 3 поширена на Іберійському півострові та середземноморському узбережжі Франції, гаплогрупа 4 – на Апеннінському півострові і середземноморських островах, зокрема Корсиці. В той же час гаплогрупа 5 демонструє виражену ізоляцію кавказьких популяцій і найбільшу дивергенцію в межах виду. Розрахунок генетичних дистанцій підтвердив суттєвий рівень розходження між усіма лініями. Зокрема, найбільш дивергентною є гаплогрупа 5, яка становить 0,08–0,10 субституцій на сайт (с.н.с.), що можна розглядати у якості самостійного виду, проте який сьогодні вважається підвидом *Stenurella bifasciata limbiventris* (Reitter, 1898). Інші гаплогрупи є більш спорідненими між собою, а генетичні відстані складають від 0,02 до 0,06 с.н.с. Водночас гаплогрупа 5 є найбільш дивергентною (0,04–0,06 с.н.с.); гаплогрупа 4 – 0,03–0,04 с.н.с., а гаплогрупа 2 – 0,02–0,03 с.н.с. У підсумку, філогеографічний аналіз *S. bifasciata* демонструє складну історію формування сучасного ареалу виду.

Осьмачко О., Федун О.

ВИПАДКИ ЗАГИБЕЛІ ПТАХІВ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЧЕРНІГІВ ТА ЙОГО ОКОЛИЦЬ

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, вул. Гетьмана Полуботка, 53, м. Чернігів, 14000, Україна; e-mail: osmachka.o@gmail.com; ficedula.f@gmail.com

Osmachko O., Fedun O. CASES OF BIRD DEATHS DURING WINTER IN THE CITY OF CHERNIHIV AND ITS SURROUNDINGS. During January–February 2026, eight birds of two species were found dead in the city of Chernihiv and its surroundings namely: common buzzards (*Buteo buteo*) and long-eared owls (*Asio otus*). The birds were found with clear signs of exhaustion during a period of low air temperatures down to –30°C and deep snow cover.

Зима є одним з найкритичніших періодів річного циклу для птахів. Цей період характеризується низькими температурами, що може призвести до підвищення енерговитрат організму тварин.

У січні–лютому на території Чернігівської області формувалися погодні умови з тривалими низькими температурами до –30°С вночі та тривалими снігопадами, внаслідок чого сформувався сніговий покрив – 20 см і вище.

Зі січня по лютий 2026 року на території каналізаційно-очисних споруд (КОС) м. Чернігів загалом було знайдено 6 загиблих особин канюка звичайного (*Buteo buteo*). Вперше 26.01.2026 р. співробітниками даної організації нам було повідомлено про знахідку одразу двох мертвих канюків. У подальшому до 15.02.2026 р. нами було знайдено ще 4 особини з ознаками виснаження (атрофія грудних м'язів).

Також у цей період нами зафіксовано 2 випадки загибелі вухатих сов (*Asio otus*) у місті Чернігові з аналогічними ознаками.

На нашу думку, зазначені погодні умови є основною причиною загибелі птахів. За таких умов птах витрачає більше енергії для підтримки температури тіла й втрачає більше накопичених жирових запасів. Ускладнення умов полювання на мишоподібних гризунів, унаслідок високого снігового покриву, призвели до недоступності кормів, що й зумовило виснаження зафіксованих особин.

Переверзєв М., Сідоровський С.

ПОШИРЕННЯ ПРІСНОВОДНИХ ЧЕРЕВОНОГИХ МОЛЮСКІВ *PHYSELLA ACUTA* ТА *PHYSA FONTINALIS* У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ: ПРИКЛАД ДОВГОТРИВАЛОЇ ІНВАЗІЇ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна; e-mail: mykhail.pereverziev@student.karazin.ua, serge.sidorovsky@karazin.ua

Pereverziev M., Sidorovskyi S. DISTRIBUTION OF FRESHWATER GASTROPODS *PHYSELLA ACUTA* AND *PHYSA FONTINALIS* IN THE KHARKIV REGION: A CASE OF LONG-TERM INVASION. The distribution of *Physella acuta* and *Physa fontinalis* was investigated in the Kharkiv region based on historical records and field surveys conducted in 2024–2025. While *P. fontinalis* was historically widespread, it is currently confined to a single isolated artificial pond in Kharkiv. In contrast, *P. acuta* was recorded in 33 of 57 surveyed water bodies and forms abundant populations. The absence of *P. acuta* in the only locality of *P. fontinalis* suggests possible refuge conditions. Our results indicate a long-established and fully naturalized invasion of *P. acuta,* leading to substantial transformation of regional freshwater mollusc communities.

Перші відомості про *Physa fontinalis* (Linnaeus, 1758) на території Харківської області та України датуються 1837 роком і належать професору Харківського університету І. А. Криницькому (Krynicki, 1837). Вперше *P. acuta* (Draparnaud, 1805) для Харківської області та України була зафіксована Г. Радкевичем у 1879 році (Radkevich, 1879), однак автор не навів точних місць знахідок виду. У 1930 році вийшла праця В. І. Жадіна, присвячена молюскам басейну Сіверського Дінця, у якій наведено знахідки *P. fontinalis* у вісімнадцяти локаціях Харківської області з 60 досліджених водойм, тоді як *P. acuta* була виявлена лише у трьох водоймах. У монографії Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем наведені дані про знахідки *P. acuta* в Харківській області: вид було виявлено у 7 з 16 досліджених водойм. Також для Харківської області зазначався вид *Aplexa hypnorum* (Linnaeus, 1758), який вперше був наведений І. А. Криницьким у 1837 році (Krynicki, 1837). Востаннє вид згадувався П. І. Белецьким у 1918 році (Pisaryev, 2022), після чого нових підтверджених знахідок не зафіксовано. У період з березня 2024 по листопад 2025 року нами було досліджено 47 водойм у місті Харкові та 10 водойм у Харківській області. У ході дослідження виявлено два види представників родини Physidae: *P. acuta* та *P. fontinalis.*

Physa fontinalis була виявлена лише в одній водоймі міста Харкова та Харківської області, в озері Квітуче (50.033588, 36.320401). Ця водойма є штучною, вона сформувалася приблизно на початку 1980-х років. Історичні картографічні матеріали свідчать, що вже в середині XIX століття на цьому місці існували риборозвідні (ставкові) водойми. Відносна ізольованість та специфічні гідрологічні умови могли створити рефугіальний осередок, у якому вид зберігся. *Physella acuta* у цій водоймі не виявлено. *Physella acuta* є одним із найуспішніших інвазійних видів, що широко натуралізувався у водоймах Харкова та загалом Європи (Dillon et al., 2002). Особини виду трапляються у високій чисельності та часто формують масові скупчення. Його широка популярність в акваріумістиці, імовірно, сприяла активному розселенню і вторинним інтродукціям у природні водойми регіону. Із 47 досліджених водойм *P. acuta* було виявлено у 23 водоймах міста Харкова, а також у 10 із 10 обстежених водойм Харківської області, що свідчить про високий рівень натуралізації та експансії виду в регіоні. Інвазія *P. acuta* у водоймах Харківської області має ознаки довготривалого натуралізаційного процесу. Вид характеризується високою частотою трапляння та масовістю популяцій, що свідчить про його домінантне положення в сучасних угрупованнях молюсків. Імовірними чинниками експансії є антропогенний перенос, зокрема з акваріумів, та широка екологічна пластичність виду. Отримані результати підтверджують трансформацію регіональної фауни під впливом історичної інвазії.

Це дослідження виконано за підтримки Міністерства освіти і науки України (проєкт № 0125U001468).

Піддубний О., Заморока А.

ОСОБЛИВОСТІ РАЦІОНУ БОРИВІТРА ЗВИЧАЙНОГО (*FALCO TINNUNCULUS*) У ІВАНО-ФРАНКІВСЬКУ (AVES: FALCONIDAE)

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Т. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 7618, Україна; e-mail: oleksandr.piddubnyi.23@pnu.edu.ua

Piddubniy O., Zamoroka A. DIETARY FEATURES OF THE COMMON KESTREL (*FALCO TINNUNCULUS*) IN IVANO-FRANKIVSK (AVES: FALCONIDAE). This study examines the feeding ecology of the common kestrel (*Falco tinnunculus*) in Ivano-Frankivsk. We identify the mammal species recorded in the diet of urban-nesting birds and analyze prey preferences across the spectrum of captured species. The results are discussed in the context of synanthropization and evolutionary adaptation, with comparisons to findings from other European countries.

Боривітер звичайний (*Falco tinnunculus* (Linnaeus,1758)) – широко розповсюджений вид в усіх природних зонах України (Фесенко, Бокотей, 2002). Боривітер став звичним видом в урболандшафтах більшості країн Європи, включно з Україною (Станкевич-Волосянчук, 2017; Damiani et al., 2025). Як результат синантропізації птахи виявляли високий рівень харчового опортунізму, включаючи в раціон нові види жертв (Mikula et al., 2013; Piatella et al., 2024). В Україні відомості щодо особливостей харчування міських боривітрів та їх синантропізації за даним критерієм є неповними, що обумовлює необхідність проведення детального дослідження для оцінки рівня синантропізації популяції.

Збір пелеток боривітра здійснювали в межах міста Івано-Франківська впродовж польових сезонів 2024–2025 років. У місцях гніздівлі (12 гніздових ділянок, розташованих від периферії до центральної частини міста на багатоповерхових будівлях заввишки 5–9 поверхів) з періодичністю що два тижні було зібрано 450 пелеток. Кожен забір пакувався у переносну тару, відповідно етикетувався із вказівкою дати і місця збору. Розбір пелеток здійснювали у Лабораторії філогенії та еволюції тварин кафедри біології та екології. Зібраний матеріал поміщали у пробірки Еппендорфа і консервували 96% ізопропанолом. Визначення зібраного матеріалу здійснене старшим науковим співробітником, завідувачем науково-дослідного відділу НПП «Подільські Товтри» Михайлом Дребетом (м. Кам'янець-Подільський), за що автори висловлюють глибоку вдячність.

Було ідентифіковано 192 особини дрібних ссавців. Основу раціону міських боривітрів Івано-Франківська складають види роду нориця (*Microtus* (Schrank, 1798)). До виду нориця польова (*Microtus arvalis* (Pallas, 1779)) ідентифіковано 62 особини або 32,3% всього матеріалу. Ще 87 особин (45,3%) було ідентифіковано лише до роду *Microtus*. Також вдалося встановити приналежність 28 (14,6%) окремих залишків лише до надродини Muroidea через погану збереженість матеріалу; 5 (2,6%) особин належать до виду миша хатня (*Mus musculus* (Linnaeus, 1758)); 1 (0,5%) особина – нориця руда (*Clethrionomys glareolus* (von Schreber, 1780)). Окрім гризунів були виявлені 4 (2,1%) особини мідиці звичайної (*Sorex araneus* (Linnaeus, 1758)) й 1 (0,5%) особина роду білозубка (*Crocidura* (Wagler, 1832)). Аналіз раціону місцевих боривітрів вказує на те, що він відповідає «дикому» зразку. Про це свідчить відсутність у раціоні нетипової здобичі (кажанів, серпокрильців, голубів), характерної для багатьох європейських міст із глибшою синантропізацією боривітра звичайного, що підтверджується даними про його раціон і полювання в межах міста (Mikula et al., 2013; Sumasgutner et al., 2013; Piatella et al., 2024). З одного боку, такі результати добре пояснюються невеликими розмірами Івано-Франківська – політ птахів на мисливські угіддя за межами міста не потребує значних зусиль і не створює сильного відбору та еволюційних змін у поведінковій біології. З іншого боку, місцева популяція є відносною молодою: перші гніздівлі в місті зафіксовані на межі 1990–2000 рр. (Штиркало – особисте повідомлення).

У підсумку, ми встановили, що раціон міської популяції боривітра звичайного у Івано-Франківську відповідає «дикому типу» і не зазнав змін під впливом синантропізації. Подальші дослідження розширять розуміння еволюційних змін, що виникають у синантропних птахів.

Позняк О., Заморока А.

СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ КОЛЕКЦІЇ ЧИСТИХ КУЛЬТУР «ПРОТИСТІВ» (EUKARIOTA: AMOEBOZOA, CILIATA, CHLOROPHYTA)

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна; e-mail: olha.pozniak.24@pnu.edu.ua

Pozniak O., Zamoroka A. ESTABLISHMENT OF A TEACHING COLLECTION OF PURE CULTURES OF "PROTISTS" (EUKARYOTA: AMOEBOZOA, CILIATA, CHLOROPHYTA). High-quality laboratory cultures of protists were established, including ciliates (*Paramecium caudatum*, *P. aurelia*, *Stylonychia mytilus*), Amoebozoa (*Amoeba proteus*) and green algae (*Chlamydomonas globosa*). Isolates from natural waters of Ivano-Frankivsk were cultivated on optimized media. Yeast suspensions proved most effective for ciliates and amoebae. Stable, axenic cultures were obtained through sequential subculturing, providing material for education and future research.

Використання одноклітинних евкаріотів у якості модельних об'єктів для дослідних і навчальних цілей здійснюють уже декілька століть. Вивчення одноклітинних, починаючи з праць піонерів мікроскопії Роберта Гука, Антоні ван Левенгука і навіть Галілео Галілея, визнаних класиків ранньої біології, як-от Карла Ліннея, Отто Мюллера, Мартина Тереховського, Карла Зіберта і Ернста Геккеля, аж до сучасних молекулярних філогенетиків Томаса Кавальє-Сміта, Ендрю Роджера, Сіни Адл й інших, кардинально змінили загальну візію цих організмів і зрештою вирішили проблему «царства хаосу Ліннея». Однак ключовим аспектом, який їх усіх об'єднує, є створення чистих живих культур «протистів», які й слугували дослідним матеріалом. Окрім всього, культури «протистів» є важливими у навчальному процесі й підготовці фахівців-біологів, зокрема, розвитку навичок мікроскопії, створення поживних середовищ, рутинних процедур пересіювання і виведення чистих ліній. Метою нашої роботи є створення стабільної навчальної колекції чистих культур протистів, яка б слугувала наочним матеріалом для лабораторних занять студентів і їх використання для експериментальних дослідницьких робіт у майбутньому. Наявність власних лабораторних культур дозволяє детально вивчати життєдіяльність представників груп Amoebozoa, Ciliata і Chlorophyta незалежно від пори року, забезпечуючи сталість та відтворюваність результатів навчальних експериментів.

На сьогодні нами створено низку високоякісних культур «протистів» включаючи інфузорій (Ciliata): *Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1838, *Paramecium aurelia* (O.F. Müller, 1773), *Stylonychia mytilus* (Müller, 1773); Amoebozoa – *Amoeba proteus* (Pallas, 1766) і зелених водоростей (Chlorophyta) – *Chlamydomonas globosa* (Snow, 1903). Усі культури були ізольовані з природних водойм Івано-Франківська й околиць з подальшим культивуванням на поживних середовищах. Утримання культур здійснюється в Лабораторії філогенії та еволюції тварин. Для кожної групи протистів було підібрано відповідний тип поживного субстрату. Найвищу ефективність як середовищ показали живі суспензії пекарських дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. (Hansen, 1883), особливо для культивування Ciliata й Amoebozoa. Перших культивували у 100 мл пробірках Фалькон у водній колоні з харчовою суспензією, а других – на агаровому середовищі з дріжджовою суспензією у чашках Петрі. Для культивування Chlorophyta також використовували пробірки Фалькон із середовищем на основі розчиненого комплексного мінерального добрива у лайт-боксі з люмінісцентними лампами і фотоперіодизмом 16/8 год.

Наші результати показали ефективність розробленого алгоритму ізоляції, що дозволило отримати стабільні чисті культури низки видів Amoebozoa, Ciliata й Chlorophyta. Шляхом послідовних пересівів було досягнуто повного очищення зразків від супутньої мікробіоти. Наразі ведуться роботи зі введення у культуру інших «протистів» із груп Excavata і Heterokontophyta для повного забезпечення кафедри біології та екології навчальним матеріалом і створення основи для майбутніх експериментальних досліджень.

Рудік В., Чеботар С.

РЕЗУЛЬТАТИ МОРФОЛОГІЧНОЇ ТА МОЛЕКУЛЯРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МАЛЯРІЙНИХ КОМАРІВ У ЦЕНТРАЛЬНІЙ ЧАСТИНІ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Всеволода Змієнка, 2, м. Одеса, 65082, Україна; e-mail: lab.nii.rudik@stud.onu.edu.ua

Rudik V., Chebotar S. RESULTS OF MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR IDENTIFICATION OF MALARIA MOSQUITOES IN THE CENTRAL PART OF ODESA REGION. The species composition of malaria mosquitoes in the biotopes of the central part of Odesa Region (Odesa and Berezivka districts) was assessed using morphological identification combined with ITS2-based molecular analysis. The study revealed considerable diversity within the *Anopheles maculipennis* s. l. complex and confirms the relevance of molecular identification approaches for improving the accuracy of entomological surveillance and malaria risk assessment in regions with cryptic species complexes.

Малярія залишається актуальною загрозою для громадського здоров'я, а комарі роду *Anopheles*, зокрема представники комплексу *Anopheles maculipennis* s.l., мають ключове епідеміологічне значення як переносники *Plasmodium* spp. (ECDC, 2023). Традиційні уявлення про склад малярійних комарів України, сформовані на основі морфологічних і цитогенетичних ознак (Прендель, 1937, 1941; Шеремет, 1998; Шуваліков, 2008), були суттєво уточнені з упровадженням молекулярно-генетичних методів, зокрема для комплексу *An. maculipennis* s. l. У попередніх молекулярно-генетичних дослідженнях для Одеської області встановлено наявність видів *An. melanoon* та *An. labranchiae* (Рудік, Чеботар, 2025), що вказує на складнішу структуру фауни малярійних комарів регіону, ніж вважалося раніше.

Метою даного дослідження було розширене вивчення видового складу малярійних комарів у різнотипних біотопах центральної частини Одеської області з акцентом на представників комплексу *An. maculipennis* s. l., із використанням ITS2-маркерів рДНК. У 2023–2024 рр. обстежено водні біотопи восьми локацій центральної частини Одеської області (Одеський і Березівський райони); відібрано 446 личинок малярійних комарів. Морфологічну ідентифікацію проводили за спеціалізованими визначниками (Becker et al., 2020). Геномну ДНК виділяли з індивідуальних особин із використанням CTAB-методу. ПЛР-ідентифікацію виконували з видоспецифічними праймерами до ITS2-регіону рДНК, запропонованими для диференціації видів комплексу *An. maculipennis* s. l. (Proft et al., 1999) із подальшим електрофоретичним аналізом продуктів ампліфікації (Bassam et al., 2007). За результатами морфологічної ідентифікації серед 446 досліджених личинок визначено 316 особин комплексу *An. maculipennis* s. l., 118 – *An. hyrcanus* та 12 – *An. claviger*. Молекулярна ідентифікація методом ПЛР дозволила розрізнити п'ять видів комплексу *An. maculipennis* s. l. за довжиною видоспецифічних ампліфікованих фрагментів ITS2-регіону рДНК: *An. atroparvus* – 117 п.н., *An. labranchiae* –374 п.н., *An. maculipennis* s.s. – 410 п.н., *An. melanoon* – 224 п.н. та *An. messeae* – 305 п.н. Загальна частка видів у регіоні з 95% довірчими інтервалами становила: *An. hyrcanus* – 26,5 ± 4,1%, *An. melanoon* – 20,6 ± 3,8%, *An. atroparvus* – 17,3 ± 3,5%, *An. messeae* 16,8 ± 3,5%, *An. maculipennis* s.s. 11,2 ± 2,9%, *An. labranchiae* – 4,9 ± 2,0%, *An. claviger* – 2,7 ± 1,6%. Співвідношення видів малярійних комарів істотно відрізнялося між окремими локалітетами, що відображає екологічну неоднорідність умов формування виплідних біотопів. Фіксація видів *An. labranchiae* та *An. melanoon* у різнотипних біотопах центральної частини Одеської області свідчить про їх стабільну присутність у складі сучасної фауни малярійних комарів регіону. З урахуванням підтвердженої векторної ролі *An. labranchiae* в країнах Південно-Східної Європи (Ivanescu et al., 2015; Boccolini et al., 2017; Calzolari et al., 2021), наявність кількох видів комплексу *An. maculipennis* s. l. доцільно враховувати при оцінці можливих сценаріїв трансмісії малярії в Україні.

У біотопах центральної частини Одеської області підтверджено наявність семи видів малярійних комарів, з яких п'ять належать до комплексу *An. maculipennis* s. l. Застосування ITS2-маркерів продемонструвало ефективність молекулярної ідентифікації криптичних видів та доцільність використання цього підходу у регіональних ентомологічних дослідженнях.

Тарасова А., Струс Ю., Струс В., Марців М., Дикий І.

ОБЛІК ФАУНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ФОТОПАСТОК НА ТЕРИТОРІЇ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «РОЗТОЧЧЯ»

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: tonya.tarasova123@gmail.com

Tarasova A., Strus Yu., Strus V., Martsiv M., Dykyy I. SURVEY OF FAUNA USING CAMERA TRAPS IN THE ROZTOCHCHYA NATURE RESERVE. Data from an expanding network of up to 20 concurrently operating camera traps deployed across 31 locations between 2020 and 2025 were analyzed. The total monitoring effort amounted to 1559 trap-days. From a total of 88448 images, 5249 fauna observations were recorded. A total of 34 species were identified, with *Capreolus capreolus*, *Vulpes vulpes*, and *Sus scrofa* being the most frequently recorded mammals. Birds were also documented, with *Columba palumbus* being the most active.

Облік фауни в межах Природного заповідника «Розточчя» має фундаментальне значення для аналізу динаміки популяцій та розробки стратегій охорони природи. Для дослідження використовували камери моделей UOVision UV-557, UOVision Select 30, Suntek HC-900A та HC-910A. Усі камери від початку експлуатації функціонували у безперервному режимі – цілодобово та протягом усього року (Strus et al., 2026).

Мережу фотопасток розширювали поступово. У 2020–2021 рр. функціонувало від 4 до 9 приладів, а до 2024 року кількість одночасно працюючих камер досягла 20. Принцип розміщення приладів також змінювали з часом. У 2020–2023 рр. локації обирали з метою забезпечення максимального біотопічного різноманіття та безпеки обладнання від крадіжок. Починаючи з 2024 року, відбувся перехід до систематичного підходу: камери почали розміщувати у центроїдах регулярної сітки розміром 1×1 км. Такий підхід забезпечує більш неупереджений вибір місць, статистичну незалежність спостережень та репрезентативність даних.

За результатами аналізу 88 448 зображень, отриманих із фотопасток, було ідентифіковано 35 647 з тваринами, які відповідають 5249 детекціям (детекція об'єднує інколи більше десяти фотографій), з яких було проаналізовано 8010 зображень. Загалом виявлено 34 види тварин, що були зафіксовані на 5109 зображеннях. Найбільш чисельно представлена сарна європейська (*Capreolus capreolus*), яка зареєстрована 3138 разів (61,4%). Досить часто траплялася також лисиця звичайна (*Vulpes vulpes*) – 696 ідентифікацій (13,6%). Серед інших видів відзначено кабана дикого (*Sus scrofa*) – 426 ідентифікацій (8,3%), борсука європейського (*Meles meles*) – 192 випадки (3,7%) та собаку свійського (*Canis familiaris*) – 159 випадків (3,1%). Дещо рідше траплялися кіт лісовий (*Felis silvestris*) – 97 ідентифікацій (1,9%), лось (*Alces alces*) – 91 (1,8%), заєць сірий (*Lepus europaeus*) – 61 (1,2%), олень благородний (*Cervus elaphus*) – 57 (1,1%). Менше 1% реєстрацій – куниця лісова (*Martes martes*) – 45 випадків, тхір лісовий (*Mustela putorius*) – 23, білка звичайна (*Sciurus vulgaris*) – 16.

Крім того, за допомогою фотопасток було зафіксовано такі види птахів як припутень (*Columba palumbus*) – 23 випадки, крижень (*Anas platyrhynchos*) – 16 випадків, сова довгохвоста (*Strix uralensis*) – 12 випадків, чапля сіра (*Ardea cinerea*) та сойка (*Garrulus glandarius*) – по 10 випадків, канюк звичайний (*Buteo buteo*) – 6, сова сіра (*Strix aluco*) – 5, синиця велика (*Parus major*) – 4. По 3 випадки фіксацій вільшанки (*Erithacus rubecula*), осоїда (*Pernis apivorus*), дрозда чорного (*Turdus merula*). По 2 ідентифікації було в чепури великої (*Ardea alba*), костогриза (*Coccothraustes coccothraustes*), повзика (*Sitta europaea*) та дрозда співочого (*Turdus philomelos*). Також траплялися поодиничні випадки реєстрацій яструба малого (*Accipiter nisus*), лелеки чорного (*Ciconia nigra*), слукви (*Scolopax rusticola*) та волового очка (*Troglodytes troglodytes*).

Отримані результати обліків відображають актуальний стан та видову структуру популяцій диких тварин (32 види, з них 5 видів є рідкісними (ЧКУ, 2009)) на території ПЗ «Розточчя». Ці дані створюють базу для подальшого моніторингу біорізноманіття та можуть бути використані під час розробки заходів з охорони природних комплексів заповідника.

Цап А., Решетило О.

СТЕРЕОТИПНА ПОВЕДІНКА ВЕДМЕДЯ БУРОГО (*URSUS ARCTOS ARCTOS* L.) ЗА ДІЇ ЧИННИКА ЕКСКУРСІЙНОГО ТУРБУВАННЯ В УМОВАХ НЕВОЛІ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: anastasiia.tsap@lnu.edu.ua

Tsap A., Reshetylo O. STEREOTYPIC BEHAVIOR OF THE BROWN BEAR (*URSUS ARCTOS ARCTOS* L.) UNDER THE INFLUENCE OF VISITORS' DISTURBANCE IN THE CAPTIVITY CONDITIONS. The character of stereotypic behavior and animal welfare of a captive brown bear in the Domazhyr Bear Sanctuary was analyzed. Behavioral patterns were compared during the days with visitors and without them. Increased visitor presence was associated with a higher frequency of stereotypies, indicating reduced welfare. The results may be used to optimize enclosure management and reduce stress-related behaviors.

Поведінкова активність і наявність стереотипій є ключовими індикаторами добробуту тварин у неволі. У бурого ведмедя (*Ursus arctos arctos* L.) стереотипна поведінка часто формується внаслідок хронічного стресу, зумовленого обмеженістю середовища та впливом відвідувачів. Аналіз денного ритму активності тварини дозволяє оцінити ступінь її адаптації до умов утримання та визначити чинники, що негативно впливають на її стан (Montaudouin, Le Pape, 2004).

Метою роботи було виявити відмінності та частоту проявів стереотипної поведінки ведмедя бурого в умовах неволі за наслідками впливу чинника екскурсійного турбування. Об'єкт – ведмідь бурий з вираженими стереотипуванням, стать – самка бурого ведмедя, вік – 21 рік, кличка – «Машутка». Спостереження проводили у ведмежому притулку «Домажир» навесні 2024 року з 11:00 до 18:00 у дні з відвідувачами та без них. Реєстрацію поведінки тварини здійснювали похвилинно (Mattiello et al., 2014). Виділяли відповідні категорії активності, пасивності та стереотипії (повторювані рухи, взаємодія з елементами обмеженого середовища тощо). Аналізували використання ведмедем різних зон вольєра.

Встановлено, що у дні з присутністю відвідувачів частка стереотипної поведінки тварини зростає на 63%, зокрема, це виявляється у зростанні частоти локомоторних рухів, які повторюються, та зниженні тривалості пасивного відпочинку. До того ж, активність ведмедя зміщувалася в зони вольєра, пов'язані з присутністю людей. За відсутності ж відвідувачів поведінка була більш різноманітною і збалансованою, що, згідно з літературними даними (Tetley, O'Hara, 2012), вказує на кращий стан тварини.

Присутність відвідувачів є важливим чинником формування чи підтримання стереотипної поведінки ведмедя бурого та може негативно впливати на його стан. Оптимізація умов утримання і зниження антропічного навантаження у вигляді екскурсійного турбування є необхідними для покращення поведінкового стану тварини.

Чабан С., Дикий І., Кийко А.

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ПЕЛЕТОК СИПУХИ (*TYTO ALBA* L.) З ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ (ВОЛИНСЬКА ОБЛАСТЬ)

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: sonyachbn789@gmail.com

Chaban S., Dykyy I., Kiyko A. RESULTS OF ANALYSIS OF BARN OWL (*TYTO ALBA* L.) PELLETS FROM THE TERRITORY OF UKRAINIAN POLISSIA (VOLYN REGION). The basis of the barn owl diet in Ukrainian Polissia consist of representatives of mammals from three families: Muridae – 42.2%, Arvicolidae – 28.9%, Soricidae – 28.8%.

Ареалом сипухи крапчастої донедавна вважався західний регіон України: Закарпаття, Прикарпаття та Поділля; поодинокі особини зрідка можуть траплятися у великих містах – Львів, Івано-Франківськ, Ужгород, Чернівці (Татаринов, 1973). В Україні це рідкісний птах, занесений до Червоної книги України із статусом «зникаючий» (ЧКУ, 2009). Оселяється у населених пунктах і будує гнізда в закинутих кам'яних будівлях, на горищах, дзвіницях та зрідка – у дуплах дерев (Делеган, 2009). Влітку 2025 р. було вперше зареєстровано випадок гніздування сипухи на території Українського Полісся, а саме у Волинській обл., де її живлення є недослідженим. Виявлено гніздування сипух у гніздовій скриньці у с. Козлів Володимирського р-ну, та виведення потомства – 3 пташенят. Біля гнізда був відібраний матеріал (пелетки) для даного дослідження.

Ґрунтовні дослідження трофіки сипухи на Закарпатті показали, що до її раціону входить 19 видів (та інших таксонів) тварин, серед яких домінують *Microtus arvalis* і *Sorex araneus* (Загородний та ін., 2016; Дребет, Покритюк, 2025). Залежно від географічної широти у Західній Європі харчування сипухи диференційоване: на півночі – менша трофічна різноманітність раціону та вузький спектр хижацтва, але є висока різноманітність дрібних ссавців. На півдні навпаки – велика трофічна різноманітність раціону, з низьким видовим різноманіттям ссавців. Недостача гризунів та мідицевих компенсується наявністю комах, амфібій, рептилій та птахів (Herrera, 1974). При нестачі необхідної кількісті їжі, близько 60% дорослих особин сипух не розмножуються, а смертність пташенят може досягати 100% (Benedek et al., 2007).

Матеріали для даного дослідження були зібрані Андрієм Кийком впродовж липня 2025 року. Загалом, у ході дослідження, проаналізовано 18 пелеток (45 об'єктів живлення) сипухи крапчастої, методом розбору пелеток для дослідження раціону птаха (Атамась, 2004).

Основними об'єктами живлення сипухи є представники із родин Soricidae (*Sorex araneus* – 20,0%), Muridae (*Apodemus sylvaticus* – 17,8%; *Apodemus flavicollis* – 13,3%; *Mus musculus* – 11,1%) та Arvicolidae (*Microtus arvalis* – 11,1%).

Додатковими об'єктами живлення сипухи є 6 видів і таксонів, таких як: *Microtus oeconomus* – 8,9%, *Sorex minutus* – 2,2%, *Crocidura suaveolens* – 4,4%, *Microtus subbterraneus* – 6,7%, *Myodes glareolus* – 2,2%, *Neomys fodiens* – 2,2%. У групу додаткових об'єктів живлення ми віднесли види, чисельність яких в раціоні знаходиться в межах 1–10%.

Таким чином, основу раціону сипухи в межах Українського Полісся складають представники трьох родин мікромамалій: Muridae – 42,2%, Arvicolidae – 28,9%, Soricidae – 28,8%. Оскільки дане дослідження харчування сипухи проводиться вперше для Волинської області й має невелику вибірку, не виключено, що до раціону також можуть входити випадкові жертви у вигляді комах, амфібій, рептилій і дрібних птахів.

Boiko T., Shparyk V.

KNOWLEDGE GAPS IN PREIMAGINAL BIOLOGY OF GENUS *BRACHYOPA* (DIPTERA: SYRPHIDAE): IMPLICATIONS FOR TAXONOMY AND ECOLOGICAL RESEARCH

Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Shevchenko St., 57, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine; e-mail: tetiana.boiko.22@pnu.edu.ua; viktor.shparyk@cnu.edu.ua

Despite the ecological significance of *Brachyopa* hoverflies as saproxylic forest insects, knowledge of their preimaginal stages remains fragmentary, with larvae described for less than half of European species and puparial descriptions available for fewer than a quarter.

The genus *Brachyopa* Meigen, 1822 (Diptera: Syrphidae) comprises approximately 40 species distributed across the Holarctic, with 20 species known from Europe (van Steenis et al., 2020). These saproxylic hoverflies are ecologically important indicators of forest habitat quality, yet their immature stages remain poorly studied. The genus is divided into two larval ecology groups: in sap runs under bark (*B. bicolor*, *B. insensilis*, *B. pilosa*), and in tunnels created by saproxylic Coleoptera (*B. dorsata*, *B. vittata*, *B. panzeri*) (Krivosheina, 2005).

A comprehensive review of preimaginal descriptions across 20 recognized European *Brachyopa* species reveals critical knowledge gaps. The larvae have been described for only 10 species (47.6%), while puparia are documented for just 5 species (23.8%). Larvae of numerous species, including *B. obscura*, *B. plena*, *B. bimaculosa*, *B. cinerea*, *B. grunewaldensis*, *B. silviae*, *B. testacea* and *B. vernalis*, remain entirely unknown (van Steenis et al., 2020).

Knowledge quality and completeness vary considerably, even among the species with described larvae. Only *B. panzeri* possesses complete morphological documentation including chaetotaxy map, graphic images, optical photographs, and SEM imagery (Shparyk & Zamoroka, 2021). *B. bicolor* and *B. insensilis* have detailed descriptions with graphic images and photographs, but lack chaetotaxy maps and SEM. *B. atlantea*, *B. dorsata*, *B. pilosa*, *B. scutellaris*, and *B. vittata* possess only basic descriptions with graphic images, without standardized chaetotaxy maps, optical photographs, or SEM. Published identification keys (Krivosheina, 2005; van Steenis et al., 2020) contain inaccuracies in morphological nomenclature, with structures numbered without positional reference to chaetotaxy maps, complicating interspecific comparisons and reliable larval identification. The high proportion of species with unknown or incompletely described premiaginal stages significantly impedes ecological assessment and phylogenetic understanding of these important saproxylic hoverflies.

Malaniy V., Zamoroka A.

KARYOTYPE FEATURES OF LONGHORN BEETLES (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE)

Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Shevchenko St., 57, Ivano-Frankivsk, 76000, Ukraine; e-mail: viktoriia.malanii.22@pnu.edu.ua

Cytogenetic studies of the beetle family Cerambycidae constitutes a fundamental framework for understanding evolutionary trajectories and phylogenetic relationships within this highly diverse group of insects. Contemporary research encompasses several major directions, ranging from the primary description of chromosome complements in newly examined species (Yağmur, 2017; Aslantaş, 2018) to in-depth analyses of sex chromosome evolution and the role of heterochromatin in meiotic recombination (Dutrillaux & Dutrillaux, 2023, 2019). Karyological data have proven to be essential for resolving complex taxonomic issues, including the clarification of species status within the problematic complexes such as *Morimus* Brullé, 1832, and the confirmation of generic independence, for example in *Vadonia* Mulsant, 1863 (Okutaner et al., 2011, 2012). Another important aspect involves the study of karyotype instability in Neotropical Brazilian species, which exhibit a tendency toward chromosome number reduction through centric fusions.

Despite the presence of a conservative ancestral karyotype in Polyphaga (2n = 20, 9AA + Xy_p) (Giannoulis et al., 2020), Cerambycidae display remarkable chromosomal diversity. Diploid numbers vary widely across the family. Among the lowest values recorded are 2n = 12 in *Stenopterus rufus* (Linnaeus, 1767) (Aslantaş, 2018) and 2n = 10 in *Callichroma sericeum* (Fabricius, 1792) (Ferreira et al., 1993). At the opposite extreme stands the Vesperidae, particularly *Vesperus xatarti* Dufour, 1839, which possesses an exceptionally high chromosome number of 53(♂)–54(♀), resulting from multiple cycles of chromosomal fragmentation (Dutrillaux et al., 2007).

Sex determination systems in Cerambycidae are also characterized by considerable plasticity. The most widespread is the "parachute" system (Xy_p), in which a small y chromosome associates with a larger X chromosome during meiosis (Yağmur, 2017). Alternative systems also occur, including the standard XY system, which is typical for many Prioninae (Dutrillaux, 1970). A notable evolutionary event within Lepturinae was the complete loss of Y chromosome in tribe Lepturini, leading to the emergence of an X0 system (2n = 19 in males), which represents a reliable synapomorphic character (Dutrillaux & Dutrillaux, 2018). More complex configurations have also been documented, such as multiple sex chromosome systems (XY_1Y_2 in *Vesperus* Dejean, 1821; XYY in *Solenoptera* Audinet-Serville, 1832), neo-sex systems (neo-XY) arising through autosomal translocations (Giannoulis et al., 2020), and the incorporation of supernumerary B chromosomes into the sex chromosome complex (Kido & Saitoh, 1987).

Many contemporary studies are based on the standardized methodology proposed by Rozek (1994). This protocol involves hypotonic treatment of tissues followed by stepwise fixation in Carnoy's solution (3:1) with gradual increase of acetic acid concentration to preserve chromosomal structure; preparations are subsequently stained with Giemsa. The application of this unified approach ensures comparability of results across studies and with our ongoing research, which includes several species of the local fauna as well as laboratory cultures used as a test group (Malaniy & Zamoroka, 2025).

Shabanov V.

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A BASH AND R-BASED BIOINFORMATIC PIPELINE FOR ENVIRONMENTAL DNA METABARCODING AND BIODIVERSITY ASSESSMENT

V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobody Sq., 4, Kharkiv, 61022, Ukraine;
e-mail: shabanov.vova24@gmail.com

Environmental DNA (eDNA) metabarcoding is an approach for non-invasive biodiversity monitoring. The use of eDNA metabarcoding is offering a highly sensitive alternative to traditional survey methods (Lacoursiè8re-Roussel, 2018). Our study introduces a custom bioinformatic pipeline designed for the analysis of high-throughput sequencing data, which was obtained from the water bodies of Kharkiv region, specifically optimized for Oxford Nanopore platforms. While the scientific community has produced a wide variety of bioinformatic software for metabarcoding analysis, selecting and integrating tools into a cohesive workflow remain a significant challenge (Hakimzadeh, 2024). The presented workflow integrates Bash shell utilities and R scripts to streamline data processing from raw reads to taxonomic classification. Raw FASTQ data undergoes rigorous quality control using fastp with a mean quality threshold of 20 and sequence length filtering via seqkit to ensure the exclusion of low-quality fragments and artifacts.

Taxonomic assignment is facilitated through a refined version of the Barcode of Life Data Systems database, which was pre-processed and filtered to remove redundant sequences and ensure compatibility with the BLAST algorithm. After alignment with blastn, results are filtered based on the percentage identity, e-value, and minimum alignment length. This was made to improve the accuracy of identification for unknown sequences in environmental samples (Pappalardo, 2021). Hierarchical taxonomic parsing and visualization are executed in R, allowing for detailed ecological interpretation. The pipeline performance was validated against the Barcode ID tool. Our pipeline showed efficacy in identifying diverse taxonomic groups such as Arthropoda, Mollusca, and Chordata. Our method provides a robust and accessible framework for researchers performing eDNA-based species richness evaluations, and helps between raw sequencing output and actionable biodiversity data.

МІКРОБІОЛОГІЯ, ВІРУСОЛОГІЯ ТА ІМУНОЛОГІЯ
MICROBIOLOGY, VIROLOGY, AND IMMUNOLOGY

Архипчук А., Паляниця Л.

МІКРОБІОТА ФЕРМЕНТОВАНОГО НАСТОЮ ЧОРНОБРИВЦІВ *TAGETES PATULA* L.

Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна; e-mail: anna.arkhypchuk.khr.2023@lpnu.ua

Arkhypchuk A., Palianytsia L. MICROBIOTA OF FERMENTED *TAGETES PATULA* L. INFUSION. The composition of the microbiota of *Tagetes patula* L. infusion has been determined, which includes yeast, asporogenous and sporogenous bacteria, as well as microscopic fungi. It has been established that yeast of the genera *Saccharomyces, Brettanomyces* and *Rhodotorula* and lactic acid bacteria of the genera *Lactobacillus* and *Leuconostoc* participate in spontaneous fermentation of the infusion. It has been shown that in the absence of citric acid, fermentation of the infusion is inhibited by the metabolic products of lactic acid bacteria and bacteria of the genus *Bacillus*.

Чорнобривці розлогі (*Tagetes patula* L.) є найпоширенішими серед інших видів роду *Tagetes* в Україні. Їх переважно культивують як декоративні рослини, проте різні анатомічні частини цих рослин використовують також для покращення зору, для лікування емоційних і нервових розладів, а також шлунково-кишкових захворювань (Romero, 2016). Низка робіт присвячена дослідженню фунгіцидної та бактерицидної активності чорнобривців у сільському господарстві (Salechi, 2018), їх застосуванню як джерела помаранчевих та/або жовтих каротиноїдів, харчових консервантів, барвників у харчовій промисловості (Ткаченко, 2016), а також як потенційної сировини для одержання функціональних неферментованих і ферментованих напоїв природного походження (Palianytsia, 2025).

Мета роботи – дослідження мікробіоти спонтанно зброджeного настою чорнобривців *T. patula L.*з подальшим одержанням ферментованого напою.

Свіжі квіти чорнобривців (*T. patula* L.) витримували у воді протягом 3 діб за температури 25 ± 1°C. Одержаний таким чином настій фільтрували крізь сито з діаметром отворів 1 мм, до фільтрату додавали сахарозу (5% від маси настою), а також лимонну кислоту (0,15% від маси настою), розливали в конічні колби із гідрозатворами і залишали на бродіння. Мікроорганізми з нативної мікробіоти настою чорнобривців у воді виділяли традиційними мікробіологічними методами на агаризованих селективних середовищах. Первинну ідентифікацію проводили із застосуванням монокулярного мікроскопа XS-5510 LED («MICROmed»). Морфологію клітин встановлювали мікроскопією препаратів, що готували з окремих колоній та забарвлювали розчином фуксину основного.

Виявлено, що складовими мікробіоти квітів чорнобривців є дріжджі, спорогенні та аспорогенні бактерії, а також мікроскопічні гриби. Уже після четвертої доби процес бродіння настою чорнобривців, до якого не додавали лимонну кислоту, і, відповідно, значення pH становило 6,3, гальмується, оскільки оптимальним для дріжджів і молочнокислих бактерій є pH4–4,5. Ймовірно, що частина джерел карбону засвоюється іншою бактеріальною мікробіотою, продукти обміну якої негативно впливають на дріжджі та молочнокислі бактерії. Серед дріжджів у зброджeному настої спостерігали роди *Saccharomyces, Brettanomyces* та *Rhodotorula.* Мікроскопування зразків ферментованого протягом 7 діб настою виявило дріжджі з порушеними клітинними стінками, що перебували в стані автолізу, значну кількість молочнокислих бактерій родів *Lactobacillus* та *Leuconostoc*, а також поодинокі клітини спорогенних бактерій роду *Bacillus*. Додавання лимонної кислоти до настою чорнобривців зумовлює активніше спиртове бродіння на початку процесу та подальше (після 10 доби) утворення CO_2 за участю гетероферментативних молочнокислих бактерій роду *Lactobacillus.* Підкислення настою чорнобривців до pH 3,5 також запобігає росту

небажаних сторонніх мікроорганізмів, і, відповідно, сприяє безпечності ферментованого готового напою.

Отже, у спонтанному бродінні настою квітів чорнобривців (*T. patula* L.) беруть участь дріжджі родів *Saccharomyces, Brettanomyces* та *Rhodotorula* та молочнокислі бактерії родів *Lactobacillus* та *Leuconostoc*. Встановлено, що за відсутності лимонної кислоти зброджування настою гальмується продуктами метаболізму бактерій, зокрема роду *Bacillus*.

Бакушина М., Воронкова О.

ВЗАЄМОДІЯ ПАТОГЕНІВ З ІМУННОЮ СИСТЕМОЮ

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Науки, 72, м. Дніпро, 49045, Україна; e-mail: bakushyna_m@365.dnu.edu.ua

Bakushyna M., Voronkova O. INTERACTION OF PATHOGENS WITH THE IMMUNE SYSTEM. The interaction of pathogens with the immune system determines the development and outcome of infectious diseases. Innate immunity provides the first line of defense through physical barriers, phagocytes and inflammatory mediators. Adaptive immunity ensures antigen-specific responses mediated by B and T lymphocytes. Pathogens have evolved multiple strategies to evade immune surveillance, including antigenic variation and inhibition of antigen presentation. The balance between pathogen virulence and host immune response defines whether infection is eliminated or becomes chronic.

Взаємодія між патогенними мікроорганізмами та імунною системою людини є ключовим процесом, що визначає розвиток, перебіг та наслідки інфекційних захворювань. Патогени, до яких належать бактерії, віруси, гриби та найпростіші, мають на своїй поверхні специфічні молекули – антигени, що розпізнаються рецепторами імунних клітин. Це запускає каскад захисних реакцій, спрямованих на елімінацію збудника та відновлення гомеостазу організму (Janeway, 2017).

Першою лінією захисту є вроджений імунітет, який включає фізичні бар'єри, фагоцитуючі клітини, систему комплементу та прозапальні цитокіни. Макрофаги та нейтрофіли розпізнають патогени через рецептори, що зв'язують патерни, характерні для мікроорганізмів, і здійснюють їх фагоцитоз та внутрішньоклітинне знищення (Medzhitov, 2020). Дендритні клітини виконують ключову роль у зв'язку між вродженим і набутим імунітетом, оскільки вони презентують антигени Т-лімфоцитам у лімфоїдних органах.

Адаптивний імунітет забезпечує високу специфічність та імунологічну пам'ять. В-лімфоцити диференціюються у плазматичні клітини, які продукують антитіла, що нейтралізують патогени, опсонізують їх і активують систему комплементу. Цитотоксичні Т-лімфоцити розпізнають і знищують клітини, інфіковані мікроорганізмами або вірусами, що обмежує поширення інфекції (Abbas, 2021).

Патогени, у свою чергу, використовують різноманітні механізми ухилення від імунного контролю. До них належать антигенна мінливість, пригнічення фагоцитозу, інгібування презентації антигенів та утворення біоплівок. Наприклад, деякі штами *Staphylococcus aureus* здатні синтезувати білки, що блокують дію антитіл, а віруси, зокрема герпесвіруси, можуть пригнічувати експресію молекул головного комплексу гістосумісності (Murphy, 2018).

Порушення рівноваги між агресивністю патогенів та ефективністю імунної відповіді призводить до розвитку гострих, хронічних або рецидивуючих інфекцій. Надмірна активація імунної системи може спричиняти ушкодження власних тканин і спровокувати розвиток імунопатологічних станів. Таким чином, взаємодія патогенів та імунної системи є динамічним процесом, що визначає як результат інфекції, так і стан імунологічного гомеостазу організму.

Білоусов В., Русакова М.

АНТИБАКТЕРІАЛЬНА АКТИВНІСТЬ ОКРЕМИХ МЕТАЛОКОПЛЕКСІВ КУРКУМІНУ

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Всеволода Змієнка, 2, м. Одеса, 65082, Україна, e-mail: yorvet6@gmail.com

Bilousow V., Rusakova M. ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF SOME METAL-CURCUMIN COMPLEXES. This study presents the results of research on the antimicrobial activity of curcumin derivatives, in particularly Zinc (Zn), Neodymium (Nd), Ytterbium (Yb), and Dysprosium (Dy) complexes, against *Pseudomonas aeruginosa* strains. The results demonstrate that modified curcumin derivatives decrease (prevent) the adhesion of bacterial cells during biofilm formation and inhibit the growth of planktonic microorganisms.

Надмірне та нераціональне застосування антибіотиків впродовж останніх десятиліть спричинило поширення антибіотикорезистентних мікроорганізмів (Asghar et al., 2024). Рослини – важливе джерело протимікробних сполук, які можуть доповнювати дію антибіотиків. Численні вторинні метаболіти, зокрема рослинні поліфеноли, вже продемонстрували протимікробну активність (Sinha, 2024). Куркумін – біоактивний куркуміноїдний поліфенол з антибактеріальними властивостями, який виділяють із кореневищ *Curcuma longa* (Belma, 2021). Низька розчинність у воді та обмежена біодоступність куркуміну негативно впливають на його фармакокінетичний профіль та становлять значні проблеми для терапевтичного застосування (Agrawal, 2022). Згідно з дослідженнями, утворення комплексів куркуміну з металами призводить до істотного зростання його розчинності, клітинної абсорбції та біодоступності (Prasad, 2021).

Досліджено протимікробну активність похідних куркуміну щодо штамів *Pseudomonas aeruginosa* з урахуванням їх чутливості у планктонній формі, а також в умовах формування ними біоплівок *in vitro*.

У дослідженні використовували штами *P. aeruginosa*, а саме: *P. aeruginosa* ATCC 15692, *P. aeruginosa* ATCC 10145 та *P. aeruginosa* ATCC 9027, чутливість яких перевірили щодо вільного куркуміну, а також його комплексів з цинком, неодимом, ітербієм та диспрозієм. Щільність планктонних культур визначали спектрофотометрично за довжини хвилі 540 нм (Wacogne et al., 2024). Обробку утворених біоплівок виконували за стандартною методикою з кристалічним фіолетовим (Stephens et al., 2025).

Досліджувані сполуки здійснювали інгібувальний вплив на планктонну форму існування таких штамів псевдомонад, як *P. aeruginosa* ATCC 10145 та *P. aeruginosa* ATCC 9027. Штам *P. aeruginosa* ATCC 15692 впродовж розвитку у товщі поживного середовища виявився нечутливим до дії всіх похідних куркуміну. За рівнем чутливості до дії досліджуваних похідних куркуміну штами псевдомонад можна розташувати наступним чином: *P. aeruginosa* ATCC 9027 > *P. aeruginosa* ATCC 10145 ≫ *P. aeruginosa* ATCC 15692.

Модифікації куркуміну гальмували процес утворення біоплівки *P. aeruginosa* ATCC 10145 та *P. aeruginosa* ATCC 9027. Клітини у складі асоціацій *P. aeruginosa* ATCC 15692 на початку формування біоплівки взагалі виявились нечутливими до дії відповідних речовин.

Отже, результати дослідження демонструють потенціал металокомплексів куркуміну як ефективних протимікробних агентів, зокрема активних щодо *Pseudomonas aeruginosa,* незалежно від форми існування клітин – планктонної чи біоплівкової.

Вилюс В.[1], Яворська Г.[1], Воробець Н.[2], Железняк О.[2]

АКТИВНІСТЬ ЕКСТРАКТІВ *PETROSEDUM RUPESTRE* ЩОДО *CANDIDA KEFYR* ТА *CANDIDA PARAPSILOSIS*

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79001, Україна; [2]Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів, 79010, Україна; e-mail: viktoriia.vylius@lnu.edu.ua

Vylius V., Yavorska H., Vorobets N., Zheleznyak O. ACTIVITY OF *PETROSEDUM RUPESTRE* EXTRACTS AGAINST *CANDIDA KEFYR* AND *CANDIDA PARAPSILOSIS*. This study examines the antifungal potential of aqueous-ethanolic extracts of *Petrosedum rupestre* (L.) P.V.Heath against yeasts *C. kefyr* and *C. parapsilosis* and the presence of some groups of biologically active compounds in them. The inhibition zones ranged from 9,3 ± 0,7 to 26,3 ± 0,3 mm depending on extract concentration and fungal species. Carbohydrates, free amino acids, polyphenols, flavonoids, and tannins were detected in all the extracts studied.

Резистентність є однією з найсерйозніших загроз сучасної медицини, оскільки зростає кількість патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів, стійких до традиційних протигрибкових препаратів. Занепокоєння спричиняють внутрішньолікарняні інфекції, які ускладнюють перебіг лікування, особливо в умовах тривалого застосування антимікробних засобів (GLASS, 2025), зокрема, збудники опортуністичних мікозів, спричинених грибами роду *Candida*. *C. kefyr* рекласифіковані у *Kluyveromyces marxianus* і здатні спричиняти мікози в пацієнтів з ослабленим імунітетом після трансплантації (Nadir et al., 2025) чи пацієнтів з гематологічними злоякісними новоутвореннями (Dufresne et al., 2014). Водночас *C. parapsilosis* залишається одним із провідних причин інвазивного кандидозу в багатьох країнах світу, де фіксують стрімке зростання резистентності цього виду до флуконазолу, пов'язане із замінами в білку ERG11p, зокрема Y132F, що спричиняє високу летальність уражених пацієнтів (Escribano, 2022). У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних протигрибкових агентів. Серед потенційно перспективних є використання речовин природного походження, зокрема з рослин. *Petrosedum rupestre* (L.) P.V.Heath (Crassulaceae) є вічнозеленим багаторічним сукулентом, що утворює щільний килимок із розлогих стебел завдовжки до 10 см, і його використовують як декоративну та харчову культуру. Встановлено, що надземна частина *P. rupestre* характеризується високою концентрацією фенольних сполук (зокрема, флавоноїдів та танінів), що зумовлює високий антиоксидантний та потенційний фунгіцидний потенціал (Chiocchio et al., 2019). Метою роботи було приготувати екстракти з пагонів *Petrosedum rupestre,* провести їх фітохімічний скринінг якісними методами, з'ясувати антифунгіцидну дію щодо *Candida kefyr* і *C. parapsilosis.*

Надземну частину *P. rupestre* збирали в околицях м. Винники (Львівська обл.) і з неї виготовляли водно-етанольні екстракти (ВЕЕ), відповідно до Державної фармакопеї України (ДФУ), співвідношення наважка: екстрагент = 3:30 (маса, г/об'єм, мл) з 20, 60 і 95% етанолом методом «мацерації» в темноті, впродовж 14 діб і зі зворотним холодильником. У ВЕЕ визначали наявність вуглеводів, амінокислот, поліфенолів, флавоноїдів, дубильних речовин якісними методами за ДФУ. Антигрибкову дію екстрактів виявляли методом дифузії в агар в модифікації лунок. Засівали газоном з дводобової культури *C. parapsilosis* та *C. kefyr* на середовище Сабуро і вносили 0,2 мл екстракту в лунки. Діаметр зони затримки росту (ЗЗР) вимірювали у мм через 48 год інкубації за температури 28°С й оцінювали за шкалою Cappelli et al. (2021).

В усіх виготовлених екстрактах виявили вуглеводи, вільні амінокислоти, поліфеноли, флавоноїди, дубильні речовини. Досліджувані ВЕЕ спричиняли ЗЗР щодо *C. Parapsilosis* від 9,3 ± 0,7 до 23,3 ± 0,7 мм і щодо *C. kefyr* – від 9,7 ± 0,3 до 26,3 ± 0,3 мм. Такі результати можуть бути обумовлені високим вмістом поліфенолів та флавоноїдів у *P. rupestre*, які здатні пригнічувати ріст грибів.

Гуменюк Д.[1], Павлюк М.[2], Пурська М.[2], Звір Г.[1]

ЕТІОЛОГІЧНА СТРУКТУРА МІКРООРГАНІЗМІВ-ЗБУДНИКІВ ПНЕВМОНІЇ

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]КНП Львівської обласної ради «Центр легеневого здоров'я», вул. Медична, 2, с. Винники, Львівський р-н, Львівська обл., 81150, Україна; e-mail: dmitro323@gmail.com

Humeniuk D., Pavliuk M., Purska M., Zvir G. ETIOLOGICAL STRUCTURE OF MICROORGANISMS CAUSING PNEUMONIA. The etiological composition of pneumonia pathogens was studied in 35 patients of the Communal Non-Commercial Enterprise of the Lviv Regional Council "Lung Health Centre". The most common causative agents of pneumonia were pyogenic bacteria of the genera *Staphylococcus* and *Streptococcus*, along with *Haemophilus influenzae*.

Захворювання дихальної системи є однією з найгостріших проблем сучасної медицини. Щороку вони уражають мільйони людей у світі, і ця тенденція стрімко зростає. У 2022 році в Європейському Союзі зареєстровано близько 363 500 смертей, спричинених цими захворюваннями (https://ec.europa.eu/eurostat/). Летальні випадки переважно були зумовлені хронічним обструктивним захворюванням легень та пневмонією.

Пневмонія є найпоширенішою та серйозною інфекцією високого рівня смертності. Її клінічні прояви часто є неспецифічними та подібними до інших інфекцій дихальних шляхів, що ускладнює своєчасне розпізнавання захворювання та зумовлює розвиток ускладнень, зокрема, дихальну недостатність, сепсис і тяжкі форми легеневого запалення. В Україні, за офіційними даними, упродовж 2025 року в стаціонарах закладів охорони здоров'я від пневмонії вилікувалося 132 155 дорослих та 69 335 дітей. Понад 6 тисяч дорослих і 82 дитини померли від запалення легень (https://phc.org.ua/).

Актуальність діагностики та лікування пневмонії зумовлена різноманітною етіологією (збудниками можуть бути бактерії, віруси та гриби), а також зростанням кількості антибіотикорезистентних штамів мікроорганізмів. Тому раннє виявлення захворювання, встановлення етіології, точна діагностика та адекватне лікування дають змогу не лише ефективно лікувати пацієнтів, але й запобігати поширенню інфекції, зменшувати навантаження на систему охорони здоров'я та зберігати життя людей.

Метою роботи було дослідження етіологічного складу збудників пневмонії у 35 пацієнтів віком від 25 до 71 року, яких у травні-вересні 2025 року сімейні та/або профільні лікарі скеровували до КНП ЛОР «Центр легеневого здоров'я» з підозрою на пневмонію. Найбільший відсоток (29%) склали особи віком 40–49 років. Матеріалом для дослідження було мокротиння хворих. Для виділення мікроорганізмів використовували бактеріологічний метод. Ідентифікацію проводили за сукупністю культуральних, морфологічних, тинкторіальних та біохімічних ознак.

Серед мікроорганізмів, виділених від пацієнтів з пневмонією, переважали піогенні бактерії, представлені родами *Staphylococcus*, *Streptococcus* та *Haemophilus influenzae.* Загалом від 35 пацієнтів з підтвердженим діагнозом було виділено 104 штами мікрооганізмів. Найчастіше виділяли *S. pyogenes* (25%), *H. influenzae* (22,11%), *C. albicans* (6,73%), *E. faecalis* (5,76%), *K. pneumoniae* (4,8%) у концентрації 10^5–10^7 КУО/мл, що вказує на їхню етіологічну роль у запальному процесі. Нормальна мікробіота була представлена бактеріями *S. viridans* та *N. sicca.* У більшості випадків пневмонії виявлено асоціації з двох або трьох видів мікроорганізмів (42,85% та 34,28% відповідно). Значно рідше збудником пневмонії був один (17,14%) або асоціація з чотирьох (5,71%) видів мікроорганізмів. Найпоширенішою бактерійною асоціацією була *S. pyogenes* + *H. influenzae* (25,71%). Серед 80 штамів мікроорганізмів-збудників пневмонії, виділених із зразків мокротиння пацієнтів КНП ЛОР «Центр легеневого здоров'я», 30 штамів (37,5%) були чутливими до всіх антибіотичних препаратів. Резистентними до одного препарату виявилися 26,25% (21 штам), а 29 штамів (36,25%) були полірезистентними до антибіотичних препаратів.

Гувакова Л., Мегалінська Г., Величко В., Білик Ж.

АНТИБАКТЕРІАЛЬНА ТА ЦИТОСТАТИЧНА АКТИВНІСТЬ ДЕЯКИХ РОСЛИН–АДАПТОГЕНІВ

Український державний університет імені Михайла Драгоманова, вул. Пирогова, 9, м. Київ, 01030, Україна; e-mail: lida.guvakova@gmail.com

Guvakova L., Megalinska G., Velychko V., Bilyk Zh. ANTIBACTERIAL AND CYTOSTATIC ACTIVITY OF SOME PLANTS–ADAPTOGENS. This study examines the antibacterial, fungicidal, and cytostatic activities of *Schisandra chinensis* and *Eleutherococcus senticosus.* Using the disk-diffusion method, the researchers demonstrated that *S. chinensis* is particularly effective against *Escherichia coli*, while *E. senticosus* shows stronger antifungal properties against *Candida albicans*. The findings indicate that *S. chinensis* significantly inhibits cell division, suggesting potential antitumor activity. In contrast, *E. senticosus* stimulates mitotic activity at low concentrations but acts as an inhibitor at higher doses.

Стійкість бактерій до антибіотиків є глобальною проблемою сучасності. Пошук рослин з високим антибактеріальним ефектом може стати альтернативою класичним антибіотикам. Тому пошук препаратів на основі рослинних компонентів може привести до розробки більш безпечних та ефективних в терапії методів лікування. Також триває пошук речовин, що мають цитостатичну активність (Гарна, 2016).

Метою наших досліджень було дослідити антибактеріальні, фунгіцидну та цитотоксичні властивості екстрактів плодів та листків лимонника китайського *(Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.) та елеутерококу колючого (*Eleutherococcus senticosus* (Rupr. & Maxim.) Maxi.). Також дослідити цитостатичні властивості екстрактів з цих рослинних сировин на проростки огірка посівного.

Методи дослідження, що використалися в процесі дослідження лимонника китайського та елеутерококу колючого для вивчення антибактеріальної та фунгіцидної дії (Valgas, 2007): диско-дифузійний метод (ДДМ) та метод пошуку ефективних цитостатиків в модифікації Мегалінської Г.

Лимонник китайський виявляє антибактеріальну властивість щодо Грам-негативних бактерій та фунгіцидну дію. Зона лізису *Escherichia colli* дорівнює 13 мм, *Staphylococcus aureus* – 10 мм, *Proteus vulgaris*, *Bacillus subtilis* та *Pseudomonas aeruginosa* – 11 мм. У *Candida albicans* зона лізису дорівнювала 9 мм.

Елеутерокок має антибактеріальну дію щодо Грам-негативних бактерій. У кишкової палички (*E. coli*) та синьогнійної палички (*Pseudomonas aeruginosa*) зона лізису становить 10 мм, у протея звичайного (*P. vulgaris*), *Staphylococcus aureus* та *Bacillus subtilis* вона становить 11 мм. У *C. albicans* зона лізису дорівнює 12 мм.

Таким чином, лимонник китайський та елеутерокок колючий є перспективними об’єктами подальших біологічних і медичних досліджень.

Іващенко М.[1], **Казіяну А.**[2]

ЕКОЛОГО-МІКРОБІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОПРОВІДНОЇ ВОДИ М. ЛЬВОВА ТА М. НОВОЯВОРІВСЬК

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]Національний університет «Львівська політехніка», пл. Святого Юра, 9, м. Львів, 79000, Україна; e-mail: nastykaziany13@gmail.com

Ivashchenko M., Kaziianu A. ECOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF DRINKING WATER QUALITY IN LVIV AND NOVOYAVORIVSK. The study evaluates physical-chemical and microbiological parameters of drinking water from centralized supply systems in Lviv and Novoyavorivsk under different levels of anthropogenic impact. The results show compliance with Ukrainian sanitary standards, while minor differences in chemical stability and microbial composition reflect the influence of urban environment and infrastructure.

В умовах зростання антропогенного навантаження контроль якості питної води є важливим чинником збереження громадського здоров'я. Порівняння показників води у місті Львові та місті Новояворівськ дозволяє оцінити вплив міського середовища й особливостей систем водопостачання на її безпечність та якість.

Метою дослідження було оцінити фізико-хімічні та мікробіологічні показники питної води, відібраної з централізованих джерел водопостачання у Сихівському, Залізничному та Франківському районах м. Львова та водопровідної мережі м. Новояворівськ, а також порівняти результати з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної».

У процесі дослідження визначали загальну жорсткість, вміст іонів кальцію, магнію, хлоридів і нітратів – спектрофотометрично (спектрофотометр ULab-102), або потенціометрично (pH-метр Ohaus AQUASEARCHER™AB33PH). Мікробіологічну оцінку проводили за загальним мікробним числом та наявністю санітарно-показових мікроорганізмів з використанням стандартних лабораторних методів. Отримані результати порівнювали з чинними санітарними нормами та відкритими даними водоканалів.

Результати засвідчили, що питна вода у м. Львові загалом відповідає встановленим нормативам: значення pH перебували в межах 6,5–8,5, концентрація нітратів не перевищувала 50 мг/дм³, а мікробіологічні показники залишалися в межах допустимого. Між районами міста відзначили певні відмінності: у Сихівському районі спостерігалося більше різноманіття мікробіоти, тоді як у центральних районах вода характеризувалася більшою хімічною стабільністю.

У м. Новояворівськ вода також відповідала основним фізико-хімічним і мікробіологічним нормам. Показники жорсткості та вміст нітратів були співставними з львівськими пробами, а мікробіота відзначалася меншою різноманітністю та більшою стабільністю, що може пояснюватися нижчим рівнем антропогенного навантаження та особливостями локальної системи водопостачання. Дослідження підтверджує безпечність води в обох містах і показує, що відмінності у складі зумовлені впливом міського середовища та потребують регулярного моніторингу.

Кордупель Н.[1], Небежщук О.[2]

ОТРИМАННЯ МОНОКЛОНАЛЬНИХ АНТИТІЛ ДО ВІРУСУ СКАЗУ

[1]Державний науково-контрольний інститут біотехнології і штамів мікроорганізмів;
[2]Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи, вул. Донецька, 30, м. Київ, 03151, Україна; e-mail: kordupel.n@ukr.net

Kordupel N., Nebeshchuk O. PRODUCTION OF MONOCLONAL ANTIBODIES AGAINST RABIES VIRUS. Rabies is a highly lethal zoonotic disease requiring effective prevention and treatment strategies. This study focuses on generating and characterizing monoclonal antibodies against the rabies virus using immunization, hybridoma technology, and functional assays. The obtained antibodies demonstrate high specificity and potential application in post-exposure prophylaxis, therapy, and standardized diagnostics.

Вірус сказу досі залишається зоонозною інфекцією з високою летальністю, що вимагає ефективних підходів до діагностики, профілактики та лікування. Структурні та функціональні дослідження епітопів глікопротеїну дають змогу пояснити механізми нейтралізації вірусу та спрямувати дослідження з отримання специфічних антитіл для використання в профілактиці, а також як компонентів стандартизованих діагностичних наборів (Kedari et al., 2022; Zorzan et al., 2023). У зв'язку з цим моноклональні антитіла розглядаються як перспективна альтернатива поліклональним сироваткам і як потенційні терапевтичні та діагностичні реагенти (Fan et al., 2022).

Метою цього дослідження було отримати та охарактеризувати моноклональні антитіла до поверхневого глікопротеїну (G-білка) і нуклеопротеїну (N-білка) вірусу сказу з подальшою оцінкою їх нейтралізуючої активності та діагностичної специфічності. Початковим етапом було отримання імуногенів вірусу сказу. Для цього культуру клітин ВНК-21 С-13 інфікували штамом CVS-11 вірусу сказу. Культивування проводили в безсироватковому середовищі DMEM за 37°С в атмосфері 5% CO_2. Відбирали середовище з вірусом, інактивували та концентрували, після чого підготовлені зразки імуногену, що містили N- та G-білок, піддавали контролю якості. Наявність вірусних білків у препаратах підтверджували методом імуноблотингу з використанням моноклонального антитіла 4G4 (anti-Rabies, Invitrogen), FITC-кон'югованих anti-rabies (Fujirebio) та вторинного кон'югату Anti-mouse IgG-HRP (Thermo). Імуноген вводили мишам лінії BALB/c підшкірно. Первинну імунізацію виконували з використанням повного ад'юванта Фрейнда, повторні імунізації проводили на 14-ту, 28-му, 53-ю та 78-му доби з використанням неповного ад'юванта, останню імунізацію – внутрішньовенно без ад'юванта. Скринінг наявності антитіл у сироватці крові мишей проводили методом ELISA з використанням культуральної рідини, отриманої з культури клітин Vero, інфікованої вірусом сказу для виключення реактивності до клітинного матеріалу ВНК-21. Через 4 дні після останньої імунізації відбирали селезінку для подальшого злиття. Злиття спленоцитів мишей з клітинами мієломи SP2/0 виконували з використанням поліетиленгліколю у середовищі RPMI-1640. Селекцію гібридом проводили в системі НАТ із додаванням інсуліну та інших факторів росту. Скринінг клонів виконували кількома методами: ELISA з використанням культуральної рідини, отриманої з культури клітин Vero, інфікованої вірусом сказу; виявлення специфічного зв'язування з культивованим штамом CVS на культурах клітин з використанням anti-mouse-FITC; оцінки інгібування зв'язування вірусних білків із застосуванням FITC-кон'югованих anti-rabies моноклональних антитіл. В результаті селекції гібридом було отримано три клони антитіл, специфічних до N-білка, та дванадцять клонів, специфічних до поверхневого глікопротеїну.

Попередні дані дослідження отриманих моноклональних антитіл щодо зв'язування з вірусом та його нейтралізації свідчать про наявність клонів з обнадійливою активністю та потребують подальшої їх характеристики. Отримані нами моноклональні антитіла до вірусу сказу можуть мати потенціал для використання в постекспозиційній профілактиці як компоненти стандартизованих діагностичних наборів та як основа для подальшої доклінічної оптимізації і гуманізації перед клінічними випробуваннями.

Котенко Є., Луняк М., Мороз О., Гнатуш С.

ДИСИМІЛЯЦІЙНЕ ВІДНОВЛЕННЯ ЙОНІВ СУЛЬФАТУ, НІТРАТУ ТА НІТРИТУ *DESULFOVIBRIO DESULFURICANS* ІМВ К-6 ЗА ВПЛИВУ ЙОНІВ МАГНІЮ

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: yelyzaveta.kotenko@lnu.edu.ua

Kotenko Y., Luniak M., Moroz O., Hnatush S. DISSIMILATORY REDUCTION OF SULFATE, NITRATE, AND NITRITE IONS BY *DESULFOVIBRIO DESULFURICANS* IMV K-6 UNDER THE INFLUENCE OF MAGNESIUM IONS. Magnesium chloride hexahydrate at concentrations 1.0–4.0 mM in the incubation mixture inhibits biomass accumulation and the efficiency of SO_4^{2-}, NO_3^- and NO_2^- reduction by bacteria of genus *Desulfovibrio* in media with different electron acceptors.

Сульфатвідновлювальні бактерії забезпечують перебіг біогеохімічних циклів карбону, сульфуру, нітрогену та важких металів у природних і антропогенно змінених середовищах. У процесі анаеробного дихання вони використовують окиснені сполуки сульфуру, нітрогену та металів як акцептори електронів, перетворюючи їх на відновлені, менш токсичні продукти (Han et al., 2022; Moroz et al., 2022). Представники роду *Desulfovibrio* характеризуються метаболічною гнучкістю та адаптивністю до стресових факторів середовища. Штами бактерій, ізольовані з екосистем, що зазнали інтенсивного техногенного впливу, характеризуються підвищеною стійкістю до токсичних чинників і розглядаються як перспективні об'єкти для використання у технологіях біологічного очищення стічних вод та ґрунтів (Barton et al., 2015; Yang et al., 2024). Магній є необхідним макроелементом для бактерій, що бере участь у функціонуванні ферментативних систем, стабілізації мембран і нуклеїнових кислот, однак за високих концентрацій може порушувати клітинний гомеостаз і транспорт електронів (Dufanets et al., 2012). Вплив йонів магнію на відновлення акцепторів електронів бактеріями є недостатньо дослідженим. Тому метою роботи було вивчити особливості відновлення SO_4^{2-}, NO_3^- і NO_2^- за їх одночасної присутності у середовищі бактеріями роду *Desulfovibrio*, виділеними з озера Яворівське, за впливу йонів магнію.

Бактерії *Desulfovibrio desulfuricans* ІМВ К-6 вирощували у середовищі Кравцова-Сорокіна (Гудзь та ін., 2014) без SO_4^{2-} та солі Мора за анаеробних умов упродовж 10 діб за температури 28–30 °С (густина засіву – 0,1 г/л). До середовища вносили стерильні 1 М розчини $Na_2SO_4 \times 10H_2O$, $NaNO_3$ або $NaNO_2$ за концентрації 3,47 мМ. Для дослідження здатності бактерій відновлювати SO_4^{2-}, NO_3^- або NO_2^- за впливу Mg^{2+} клітини осаджували центрифугуванням (15 хв, 6 тис. об./хв), ресуспендували у 0,9% NaCl та інкубували впродовж 1 год із різними об'ємами стерильного 1 М водного розчину $MgCl_2 \times 6H_2O$ за концентрацій у інкубаційній суміші: 0 (контроль); 1,0; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0 мМ, осаджували, двічі відмивали 0,9% NaCl і висівали у середовища з різними акцепторами електронів. Біомасу визначали турбідиметричним методом, концентрації SO_4^{2-}, HS^- та NO_2^- у культуральній рідині – спектрофотометричним (Гудзь та ін., 2014). Вміст NO_3^- та NH_4^+ у культуральній рідині визначали за допомогою йоноселективних електродів та йономіра "І-160Мі".

У середовищах з SO_4^{2-} та NO_3^- або NO_2^- біомаса клітин, інкубованих з $MgCl_2 \times 6H_2O$, була у 1,20–1,25 та 1,17–1,26 рази нижчою, відповідно, ніж у контролі. За впливу Mg^{2+} ефективність відновлення бактеріями SO_4^{2-} у середовищах з SO_4^{2-} та NO_3^- або NO_2^- зменшувалась на 4,1–4,7 та 3,1–8,3%, відповідно, а HS^- бактерії продукували у 1,02–1,50 та 1,05–1,30 рази менше, ніж у контролі. Ефективність відновлення NO_3^- бактеріями, інкубованими з $MgCl_2 \times 6H_2O$, під час росту у середовищах з NO_3^- і SO_4^{2-} та NO_3^- знижувалась на 10,6–15,2%, а NH_4^+ бактерії утворювали у 1,05–1,14 рази менше, ніж у контролі. Ефективність відновлення NO_2^- клітинами, інкубованими з Mg^{2+}, під час росту у середовищах з NO_2^- і SO_4^{2-} та NO_2^- знижувалась на 5,5–11,7%, а NH_4^+ у культуральній рідині виявилось у 1,06–1,10 рази менше, ніж у контролі. Отже, встановили, що 1,0–4,0 мМ йонів магнію пригнічують ріст та ефективність відновлення SO_4^{2-}, NO_3^- і NO_2^- бактеріями роду *Desulfovibrio* у середовищах з різними акцепторами електронів.

Кузьменко І.[1], **Письменна Ю.**[2]

АМІЛОЛІТИЧНА ТА ОКСИДАЗНА АКТИВНОСТЬ ФІТОПАТОГЕННИХ МІКРОМІЦЕТІВ

[1]ННЦ «Інститут біології та медицини» Київський національний університет імені Тараса Шевченка, просп. Академіка Глушкова, 2, м. Київ, 02000, Україна;
[2]Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, 03680, Україна; e-mail: secretar@imv.org.ua, kuzmenko_illia@knu.ua

Kuzmenko I., Pysmenna Yu. AMYLOLYTIC AND OXIDASE ACTIVITY OF PHYTOPATHOGENIC MICROMYCETES. This study investigated the amylolytic and oxidase activity of phytopathogenic micromycetes to inform counter-pathogenicity strategies and identify effective biotechnological producers. Ten micromycete strains isolated from infected grains and fruits were assessed for enzymatic activity using qualitative methods at 10°C and 30°C. Results showed that all fungi exhibited amylolytic activity, while oxidase activity was limited to six strains. *Penicillium chrysogenum* and *Aspargillus flavus* displayed the highest amylolytic activity (EI ≈ 2 at 30°C), with *P. chrysogenum* also demonstrating increased activity at 10°C, indicating cold adaptation. *Penicillium funiculosum*, *C. sphaerospermum,* and *A. flavus* led in oxidase activity (EI ≈ 3 at 30°C), with *P. chrysogenum* increased activity at 10°C.

Мікроміцети є одними з найактивніших біодеструкторів через свою здатність виділяти велику кількість різноманітних ферментів. Здатність швидко та ефективно засвоювати поживний субстрат фітопатогенними грибами приносить великі збитки сільському господарству. Отже, знання механізмів патогенності грибів дозволяє протидіяти їм шляхом виведення стійких сортів та синтезу інгібіторів ферментів, що є факторами патогенності. Окрім того, дослідження ферментативної активності мікроміцетів використовують в біотехнології для виявлення ефективних продуцентів.

Об'єктом дослідження були дві ензиматичні активності: амілазна, оскільки вона відображає ступінь засвоєння поживних речовин, та оксидазна, бо вона вказує на інтенсивність розщеплення структурних компонентів тканин рослини. Кожна активність вимірювалася за двох температурних режимів – 10°C та 30°C – для моделювання впливу кліматичних та сезонних умов. Було обрано 10 штамів мікроміцетів, виділених із зараженого зерна та плодів. Для оцінки ферментативних активностей використовували метод, який ґрунтується на якісній реакції з продуктом розпаду. Моніторинг амілазної активності проводили на середовищі з крохмалем. Чашки інкубували протягом 7 днів, після чого візуалізували зону ферментативної активності за допомогою розчину Люголя. Оксидазну активність вимірювали на середовищі з таніном на основі середовища Чапека без додаткової візуалізації. Для розрахунку ферментативної активності було використано ензиматичний індекс (EI) як відношення діаметру зони забарвлення (просвітлення) поживного середовища до діаметру колонії мікроскопічного гриба. Потенційним продуцентом вважали штам, що має EI, більший за 1,5.

Встановлено, що всі гриби проявили амілазну активність, тоді як оксидазна активність була характерна тільки для 6 з 10 досліджуваних штамів грибів. Грибами, що виділяють в середовище найбільшу кількість амілаз, виявилися *P. chrysogenum* та *A. flavus*, EI яких становив близько 2 при 30°C. Цікаво, що у *P. chrysogenum* спостерігалося зростання ферментативного індексу за зниження температури до 10°C, що вказує на адаптацію ферментів гриба до холоду, попри загальне сповільнення росту міцелію. Серед грибів, що проявили оксидазну активність, виділялись *P. funiculosum*, *C. sphaerospermum* та *A. Flavus*, EI яких був близько 3 при 30°C. Незважаючи на посередню активність, *P. chrysogenum* проявив ідентичну до амілазної активності тенденцію щодо температури. Порівняння росту і активності грибів за різних температурних режимів показало, що більшість грибів нездатні розвиватися і продукувати ферменти за низьких температур, окрім 3 штамів – *Fusarium poae*, *P. funiculosum* та *P. chrysogenum*, з яких тільки останній продукував екзоферменти за низьких температур.

Котовський В., Масловська О., Комплікевич С., Іжовська І., Перетятко Т., Гнатуш С.

КУЛЬТИВОВАНА МІКРОБІОТА МОХУ *SANIONIA* SP., ВІДІБРАНОГО З ОСТРОВІВ МОРСЬКОЇ АНТАРКТИКИ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: vitalii.kotovskyi@lnu.edu.ua

Kotovskyi V., Maslovska O., Komplikevych S., Izhovska I., Peretyatko T., Hnatush S. CULTIVATED MICROBIOTA OF SANIONIA SP. MOSS COLLECTED FROM THE ISLANDS OF THE MARINE ANTARCTICA. The aim of the study was to determine the number of oligotrophic, copiotrophic, pedotrophic microorganisms and microorganisms capable of solubilizing $Ca_3(PO_4)_2$ and ZnO in a sample containing rhizosphere, moss substrate, and the aboveground part of *Sanionia* sp. In the studied sample, oligotrophic microorganisms were the most numerous, while copiotrophic, oligotrophic, and oligotrophic microorganisms were less numerous. $Ca_3(PO_4)_2$- and ZnO-solubilizing microorganisms were found.

Наземні екосистеми Морської Антарктики (зокрема, району Аргентинських островів) характеризуються домінуванням криптогамної рослинності, де ключову роль відіграють мохи *Polytrichum strictum* та *Sanionia uncinata*. В умовах суворого клімату, бідних ґрунтів та впливу низьких температур, мікробіота забезпечує життєздатність рослин унаслідок азотофіксації, мобілізації фосфатів та захисту від патогенів. Попри розвиток молекулярних методів, культуральні дослідження залишаються важливими для вивчення фізіологічного потенціалу психрофільних мікроорганізмів та пошуку біологічно активних речовин.

Метою роботи було визначити чисельність оліготрофних, копіотрофних, педотрофних мікроорганізмів і мікроорганізмів, здатних солюбілізувати $Ca_3(PO_4)_2$ і ZnO, у зразку, що містив ризосферу, субстрат з-під моху і наземну частину *Sanionia* sp.

У роботі досліджували зразок, що містив ризосферу, субстрат з-під моху і наземну частину *Sanionia* sp., який було відібрано під час 28-ї Української антарктичної експедиції на островах Lippmann, Морська Антарктика (S65.496750, W64.414350). Для визначення чисельності груп культивованих мікроорганізмів до 1 г зразка ризосфери, субстрату і наземної частини *Sanionia* sp. додавали 9 мл 0,9% розчину NaCl. Отриману суспензію ретельно перемішували і витримували 20 хв, після чого знову струшували, робили розведення суспензії ґрунту і висівали 0,1 мл на живильні середовища. Олігонітрофільні, у т. ч. азотофіксувальні бактерії виділяли на середовищі Ешбі, оліготрофні – на R2A (Merck, Millipore); копіотрофні – на триптон-соєвому агарі (TCA) (Merck, Millipore), педотрофи – на ґрунтовому екстракті, мікроорганізми, які солюбілізують $Ca_3(PO_4)_2$, на середовищі Піковської, а мікроорганізми, здатні розчиняти ZnO – на середовищі MSM. Посіви вирощували 5–10 діб за аеробних умов та температури +14...+16°C.

Чисельність оліготрофних мікроорганізмів у зразку, що містив ризосферу, субстрат з-під моху і наземну частину *Sanionia* sp., становила $2{,}5\times10^5\pm0{,}05\times10^3$ КУО/г сухого зразка. Чисельність копіотрофних мікроорганізмів у цьому зразку, була нижчою, ніж оліготрофних і становила $9\times10^4\pm2{,}5\times10^2$ КУО/г сухого зразка. Чисельність олігонітрофільних, у т. ч. азотофіксувальних бактерій на перевищувала $5{,}0\times10^4$ КУО/г сухого зразка. Чисельність педотрофних мікроорганізмів у дослідженому зразку була найнижчою ($2{,}0\times10^3\pm1{,}3\times10^2$ КУО/г сухого зразка), порівняно з чисельністю оліготрофних і копіотрофних мікроорганізмів. Мікроорганізмів, які солюбілізують $Ca_3(PO_4)_2$ або ZnO у цьому зразку не виявлено.

Дослідження було проведено в рамках Державної цільової науково-технічної програми в Антарктиці на 2011–2027 роки.

Луняк М., Котенко Є., Мороз О., Гнатуш С.

ВПЛИВ ЙОНІВ МАГНІЮ НА ДИСИМІЛЯЦІЙНЕ ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТНОЇ СІРКИ, ЙОНІВ НІТРАТУ ТА НІТРИТУ *DESULFUROMONAS ACETOXIDANS* IMB B-7384

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: mariia.luniak@lnu.edu.ua

Luniak M., Kotenko Y., Moroz O., Hnatush S. THE INFLUENCE OF MAGNESIUM IONS ON DISSIMILATORY REDUCTION OF ELEMENTAL SULFUR, NITRATE AND NITRITE IONS BY *DESULFUROMONAS ACETOXIDANS* IMV B-7384. Magnesium chloride hexahydrate at concentrations 1.0–4.0 mM in the incubation mixture inhibits biomass accumulation and the efficiency of S^0, NO_3^- and NO_2^- reduction by bacteria of genus *Desulfuromonas* in media with one or two electron acceptors.

Сірковідновлювальні бактерії відновлюють елементну сірку до гідроген сульфіду, який взаємодіє з йонами металів з утворенням нерозчинних сульфідів (Shaji et al., 2022). У процесі анаеробного дихання вони також використовують окиснені сполуки нітрогену та важких металів як акцептори електронів і перетворюють їх до менш токсичних форм (Moroz et al., 2022). Бактерії, виділені з забруднених екосистем, є адаптованими до несприятливих умов і тому можуть бути ефективно використані у технологіях біологічного очищення водних і ґрунтових середовищ (Hnatush, Maslovska, 2018; Guo et al., 2020; Barton, Fauque, 2022). В умовах комплексного забруднення озера Яворівське сполуками сульфуру, нітрогену та металів особливу увагу дослідників привертає вивчення впливу йонів магнію на фізіологічні та метаболічні процеси мікроорганізмів, оскільки їхній вміст у глибинних шарах значно перевищує ГДК (Тарабас та ін., 2017). Магній як макроелемент для бактерій є структурним або функціональним компонентом ферментативних систем, стабілізатором клітинних мембран і нуклеїнових кислот, але за високих концентрацій може блокувати життєдіяльність бактерій, впливати на цілісність клітинної мембрани та порушувати транспорт електронів (Gadd, 2010). Тому метою роботи було вивчити вплив йонів магнію на відновлення елементної сірки, йонів нітриту та нітрату за їх одночасної присутності у середовищі бактеріями роду *Desulfuromonas*, виділеними з озера Яворівське.

Бактерії *Desulfuromonas acetoxidans* IMB B-7384 вирощували у середовищі Кравцова-Сорокіна без SO_4^{2-} та солі Мора (густина засіву − 0,1 г/л) за анаеробних умов упродовж 10 діб за температури 28–30ºС (Гудзь та ін., 2014). До середовища вносили наважки S^0 та/або стерильні 1 М розчини $NaNO_3$ чи $NaNO_2$ за концентрації 3,47 мМ. Для дослідження здатності бактерій відновлювати S^0, NO_3^- або NO_2^- за впливу Mg^{2+} клітини осаджували центрифугуванням (15 хв, 6 тис. об./хв), ресуспендували у 0,9% NaCl та інкубували 1 год із різними об'ємами стерильного 1 М розчину $MgCl_2{\times}6H_2O$ за концентрацій: 0 (контроль); 1,0; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0 мМ, осаджували, двічі відмивали 0,9% NaCl і висівали у середовища з різними акцепторами електронів. Біомасу визначали турбідиметрично, концентрації HS^- та NO_2^- – спектрофотометрично (Гудзь та ін., 2014). Вміст NO_3^- та NH_4^+ у культуральній рідині вимірювали з використанням йоноселективних електродів і йономіра "I-160Mi". У середовищах з S^0 та $NaNO_3$ або $NaNO_2$ біомаса бактерій була вищою, ніж у середовищі з S^0, але нижчою, ніж у середовищах з $NaNO_3$ або $NaNO_2$. Біомаса клітин, інкубованих з 1,0−4,0 мМ $MgCl_2{\times}6H_2O$, виявилася у 1,02–1,15 рази нижчою, ніж у контролі. Клітини, інкубовані з Mg^{2+}, під час росту у середовищах з S^0, S^0 та $NaNO_3$ і S^0 та $NaNO_2$ продукували HS^- у 1,15 та 1,24–2,15 рази менше, ніж у контролі, відповідно. Ефективність відновлення NO_3^- клітинами, інкубованими з $MgCl_2{\times}6H_2O$, у середовищах з $NaNO_3$ і S^0 та $NaNO_3$ знижувалась на 30,3–33,7%, при цьому вміст NH_4^+ у середовищі був у 1,24–1,85 рази меншим, ніж у контролі. Ефективність відновлення бактеріями NO_2^- за дії $MgCl_2{\times}6H_2O$ у середовищах з $NaNO_2$ і S^0 та $NaNO_2$ зменшувалась на 27,3–28,3%, а NH_4^+ бактерії утворили у 1,16–1,23 рази менше, ніж у контролі. Отже, виявили, що йони магнію (1,0–4,0 мМ) пригнічують ріст та дисиміляційне відновлення S^0, NO_3^- та NO_2^- сірковідновлювальними бактеріями у середовищах з одним або двома акцепторами електронів.

Матвієнко А., Савчук Я., Сирчін С.

ВПЛИВ *TRICHODERMA KONINGII* НА РІСТ ПШЕНИЦІ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ГРИБНОЇ ІНФЕКЦІЇ

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, 03680, Україна; e-mail: nastiamatvienko2@gmail.com

Matviienko A., Savchuk Y., Syrchin S. INFLUENCE OF *TRICHODERMA KONINGII* ON WHEAT GROWTH IN OF FUNGAL INFECTION. The study evaluated the biocontrol potential of *T. koningii* 1515 against the phytopathogen *Bipolaris sorokiniana* in wheat. *Trichoderma* stimulated root and shoot growth, whereas *Bipolaris* inhibited plant development due to its toxic effects. The higher activity results were obtained when *Trichoderma* was applied prior to pathogen inoculation. Thus, *Trichoderma* is an effective biocontrol agent in wheat protection, and the order of microorganism application is critically important.

Пшениця входить до десяти найпоширеніших сільськогосподарських культур у світі. Хвороби пшениці, спричинені збудниками грибного походження, спричиняють значні втрати урожаю. *Bipolaris sorokiniana* – один із патогенів пшениці, який може уражати всі частини рослини, коріння, пагони, листя та насіння. Чорна точкова гниль, коренева гниль, коронкова гниль та плямиста гниль – основні хвороби пшениці, що спричиняються *B. sorokiniana* (Abdullah M Al-Sadi, 2021). Ефективною та екологічно прийнятною альтернативою боротьби із цим фітопатогеном є застосування грибів роду *Trichoderma*, які є відомими антагоністами (Ahemad, 2014). Раніше, з використанням методу дуальної культури, нами було встановлено, що штам *T. koningii* 1515 ефективно пригнічує ріст низки фітопатогенів: *Bipolaris sorokiniana*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Nectria inventa*, *Nigrospora oryzae* та *Rhizoctonia solani* (Savchuk, 2022).

Метою нашого дослідження було визначення біоконтрольного потенціалу *T. koningii* 1515 *in vivo* в системі рослина–фітопатоген. Дослідження двотижневого вирощування пшениці ТМ Ahimsa у ґрунті показали, що порівняно з контролем, обробка *Trichoderma* сприяла активному росту та розвитку кореневої системи на 11,3% порівнянно із контролем. На відміну від цього, застосування *Bipolaris* супроводжувалося зменшенням довжини коренів на 10% порівнянно із контролем. Такий ефект можна пояснити тим, що патоген уже на ранніх етапах росту виділяє токсини, які негативно впливають на проростки пшениці. За умови первинної інокуляції *Trichoderma*, а через тиждень – *Bipolaris*, було відмічено значний приріст довжини кореневої системи на 29% у порівнянні із контролем, що вказує на видимий позитивний ефект від раннього застосування гриба-антагоніста. В той же час, при попередній обробці *Bipolaris* і наступному внесенні *Trichoderma* результати були ближчими до варіанта з *Trichoderma:* спостерігали приріст довжини коренів на 6,2% порівняно з контролем, що свідчить про здатність останнього частково нівелювати негативний ефект патогена. Аналіз надземної частини рослин показав аналогічні тенденції. Після обробки пшениці *Trichoderma* довжина пагонів пшениці становила на 17,5% більше порівняно з контролем, та були широкими, гладенькими та насичено зеленими, що свідчить про стимулювання фотосинтетичної активності та загального фізіологічного стану рослин. Цей ефект пояснюється ферментативною активністю *Trichoderma*, зокрема, синтезом глюкозидаз, які здатні активувати фітогормони, а також посилювати системну резистентність. Натомість у варіанті з *Bipolaris* довжина пагонів становила 7% порівняно з контролем. Вони були вузькими, шорсткими, частково пожовклими і мали ознаки в'янення. Нами було виявлено, що у разі комбінацій обробок на першому етапі переважав ефект того гриба, який вносили першим. Зокрема, у разі внесення *Trichoderma* на початковій стадії, а потім *Bipolaris* результати розвитку пагонів і коренів були 19,3% порівняно з контролем. Якщо ж первинно використовували *Bipolaris*, спостерігали зниження довжини пагонів порівняно з контролем на 5% навіть після наступного внесення *Trichoderma*. Це свідчить, що первинний вплив патогена може спричинити тривалий стресовий ефект, який лише частково компенсується грибом-антагоністом. Таким чином, результати підтверджують важливу роль *T. koningii* 1515 як ефективного біологічного агента, що може знижувати негативний вплив *Bipolaris sorokiniana* на пшеницю.

Павленко Д., Скороход І., Мегалінська Г., Білик Ж.

ВПЛИВ КОМПОЗИТІВ БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ АЗОГРАН НА ОНТОГЕНЕЗ ЧОРНОБРИВЦІВ В УМОВАХ СОЛЬОВОГО СТРЕСУ ТА БЕЗ НЬОГО

Український державний університет імені Михайла Драгоманова, вул. Пирогова, 9, Київ, 01030, Україна; e-mail: anna_megalin@ukr.net

Pavlenko D., Skorokhod I., Megalinska G., Bilyk Zh. THE INFLUENCE OF COMPOSITES OF THE BACTERIAL PREPARATION AZOGRAN ON THE ONTOGENESIS OF MARIGOLDS IN CONDITIONS OF SALT STRESS AND IN ITS ABSENCE. The work shows the prospects of using the *Bacillus subtilis* IMV B-7023 culture and the drug Azogran on the yield of marigolds of the Safari variety. When seeds are treated with the drug Azogran, the number of flowers increases by 37%. Treatment of seeds with the *B. subtilis* culture increases this indicator by 51%. The greatest protection against salt stress was demonstrated by inoculation of seeds with a suspension of *B. subtilis*, while the number of flowers increased by 158%.

Чорнобривці здавна використовували як лікарські рослини з антибактеріальними та антиоксидантними властивостями (Kaimainen, 2015). В умовах сьогодення цю рослину все ширше використовують як технічну культуру, яка забезпечує людину природною фарбою, може стати в пригоді як харовий продукт для тварин і є сировиною для косметичних засобів. Тому актуальною проблемою рослинництва є розробка заходів щодо підвищення продуктивності культури *Tagetis patula* L.

Одним з перспективних напрямів при розробці агротехнічних заходів для підвищення продуктивності будь-якої культури є використання препаратів мікробного походження, які є безпечними для людини і тварин і не забруднюють навколишнє середовище. Бактеріальні препарати також не ведуть до виснаження ґрунтів. Одним з сучасних бактеріальних композитів є комплексний мікробний препарат на основі азотофіксувальних і фосфатомобілізуючих бактерій, які нанесені на нанокремнієву основу. Такий комплексний препарат здатний фіксувати атмосферний азот, переводити важкорозчинні сполуки фосфору у форму, що засвоюється краще, а також покращувати засвоєння кремнію. Саме таким препаратом в рослинництві є Азогран (Курдиш, 2019). Тому метою представленого дослідження є розробка агротехнології вирощування чорнобривців за використання компонентів комплексного бактеріального препарату Азогран. В роботі досліджували вплив компонентів препарату Азогран на морфометричні показники (кількість квіток) та масу надземної частини чорнобривців виду *T. patula* сорту Сафарі в умовах сольового стресу. Результати проведеного експерименту свідчать, що без сольового стресу, найбільш ефективним засобом збільшення кількості квіток є обробка насіння суспензією *B. subtilis*. Кількість квіток при цьому збільшується на 51%. Обробка насіння препаратом Азогран забезпечує збільшення наземної маси чорнобривців на 34,7%, а кількість квіток збільшується на 37%. Показана висока чутливість даного виду чорнобривців до умов засолення. Кількість квіток при сольовому стресі зменшується на 21,9%. За дії сольового стресу високий протекторний ефект продемонструвала обробка суспензією *B. subtilis*, – приріст квіток на 158%, та обробка Азограном, – приріст квіток на 98,2%. Показники пероксидазної активності активності в листках чорнобривців свідчать, що обробка насіння *B. subtilis* та антибактеріальним препаратом Азогран захищає рослини від сольового стресу.

Проведене дослідження дозволяє рекомендувати передпосівну обробку насіння чорнобривців бактеріальною суспензією *B. subtilis* IMV B-7023 як етап агротехнічної схеми вирощування цієї рослини в умовах засолення. В умовах без засолення, можна рекомендувати використання і *B. subtilis*, і препарату Азогран.

Пудилик М., Масловська О., Комплікевич С., Перетятко Т., Гнатуш С.

БІОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БАКТЕРІЙ З ЕНДОСФЕРИ *DESCHAMPSIA ANTARCTICA* (О. КІНГ-ДЖОРДЖ, МОРСЬКА АНТРАРКТИКА)

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: marta-viktoriia.pudylyk@lnu.edu.ua

Pudylyk M., Maslovska O., Komplikevych S., Peretyatko T., Hnatush S. BIOLOGICAL POTENTIAL OF BACTERIA FROM THE ENDOSPHERE OF DESCHAMPSIA ANTARCTICA (KING GEORGE ISLAND, MARINE ANTARCTICA). The aim of the study was to determine properties of bacteria *Arthrobacter* sp. E35, *Pseudomonas* sp. EO2, *Lysinibacillus* sp. EKm8, *Microbacterium* sp. EO1.

Антарктида – це унікальне середовище з екстремальними метеорологічними і геологічними умовами та порівняно меншим антропогенним впливом. У регіоні ростуть два види покритонасінних рослин − *Deschampsia antarctica* E. Desv. та *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. Здатність антарктичних рослин виживати за впливу низьких температур, УФ-випромінювання, недостатнього вмісту поживних речовин, високих концентрацій йонів натрію тощо зумовлена їхнім адаптаційним потенціалом. Важливу роль у виживанні рослин за умов середовища Антактики визначає симбіоз з мікроорганізмами ендосфери і ризосфери, що забезпечує низку переваг. Дослідження мікроорганізмів ендосфери антарктичних рослин є актуальними, оскільки отримані результати доповнюють дані про участь мікроорганізмів у покращенні росту рослин та їхньої стійкості в екстремальних середовищах існування.

У роботі досліджено властивості бактерій *Arthrobacter* sp. E35, *Pseudomonas* sp. EO2, *Lysinibacillus* sp. EKм8, *Microbacterium* sp. EO1, виділених співробітниками кафедри мікробіології з ендосфери *Deschampsia antarctica* (о. Кінг-Джордж, Південні Шетландські острови; 62.163491, 58.468756).

Фарбування бактерій за Грамом проводили з використанням набору барвників виробництва Merck (Millipore, США). Потребу в кисні оцінювали за характером росту після посіву бактерій уколом у стовпчик тіогліколевого середовища (Merck, США). Для визначення здатності до фіксації азоту використовували агаризоване середовище Ешбі. Для виявлення здатності бактерій синтезувати сидерофори використовували середовище із хромазуролом S і гексадецилтриметиламоній бромідом. Для дослідження здатності мікроорганізмів синтезувати ауксиноподібні сполуки використали модифіковану методику з додаванням реактиву Сальковського. Для визначення оптимальної температури росту ізоляти бактерій висівали на середовище поживний агар методом збідненого штриха. Бактерії вирощували за 4 ± 1°C, 8 ± 1°C, 28 ± 1°C, 37 ± 1°C та 42 ± 1°C упродовж 14 діб. Для визначення здатності ізолятів бактерій рости за різних концентрацій NaCl використовували як середовище поживний агар, до якого вносили натрій хлорид у концентрації 2,0; 3,5; 5,0; 7,5; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0%. У разі здатності мікроорганізмів солюбілізувати ZnO навколо колоній після семи діб вирощування на середовищі з ZnO (0,1%) утворювалися прозорі зони. Протеолітичну активність досліджуваних штамів оцінювали за здатністю розріджувати желатин.

Всі виділені з ендосфери бактерії були Грам-позитивними аеробами. *Microbacterium* sp. EO1 і *Pseudomonas* sp. EO2 росли за температури +4…+37 °C, *Arthrobacter* sp. E35 – за +4…+30°C, а *Lysinibacillus* sp. EKм8 +8…+42°C. Всі штами були галотолерантні. *Pseudomonas* sp. EO2 і *Microbacterium* sp. EO1 росли за впливу 10% NaCl, а *Arthrobacter* sp. E35 і *Lysinibacillus* sp. EKм8 – за 15% солі. Всі синтезували ауксиноподібні сполуки і сидерофори. *Pseudomonas* sp. EO2 були здатні фіксувати азот, солюбілізувати ZnO і синтезувати протеази. *Microbacterium* sp. EO1 також солюбілізували ZnO і фіксували молекулярний азот. *Lysinibacillus* sp. EKм8 були здатні солюбілізувати ZnO. *Arthrobacter* sp. E35, окрім здатності синтезувати сидерофори й ауксиноподібні сполуки, не виявляв інших ознак.

Дослідження було проведено в рамках Державної цільової науково-технічної програми в Антарктиці на 2011–2027 роки.

Рудик В.,[1] Вилюс В.[1], Кич О.[2], Яворська Г.[1], Воробець Н.[2]

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРАКТІВ ПРОРОСТКІВ *HELIANTHUS ANNUUS* ЯК ПРИРОДНИХ АНТИМІКРОБНИХ АГЕНТІВ ПРОТИ *MICROCOCCUS LUTEUS*

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79001, Україна; [2]Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів, 79010, Україна; e-mail: viktoriia.rudyk@lnu.edu.ua

Rudyk V., Vilyus V., Kych O., Yavorska H., Vorobets N. PROSPECTS OF USING *HELIANTHUS ANNUUS* SEEDLINGS EXTRACTS AS NATURAL ANTIMICROBIOC AGENTS AGAINST MICROCOCCUS LUTEUS. Seedlings of annual sunflower (*Helianthus annuus* L.) are a valuable source of biologically active compounds, the synthesis of which is activated during germination. Water-ethanolic extracts (WEE) of *H. annuus* have potential antimicrobial activity against *Micrococcus luteus*, 95% of WEEs caused zones of inhibition exceeding 16 mm. *H. annuus* L. is a promising source of natural antimicrobial compounds.

Проростки соняшнику однорічного (*Helianthus annuus* L.) є цінним джерелом біологічно активних речовин (БАР), а їхні екстракти мають потенційну антимікробну дію проти Грам-позитивних та Грам-негативних бактерій (Guo et al., 2017). Виявлено, що вміст хлорогенової кислоти в проростках у 3,7 раза вищий, ніж у насінні, активний синтез антиоксидантів відбувається упродовж першого тижня росту (Pająk et al., 2014; Cho et al., 2019), а найвищий рівень загального вмісту фенольних сполук та флавоноїдів, як і антиоксидантна активність – на 7-й день (Tiyayon & Duangmal, 2018**)**.

Micrococcus luteus поширені в довкіллі та, маючи репутацію типових співмешканців мікробіоти тіла, можуть спричиняти у пацієнтів з імуносупресією ендокардити, септичні артрити та менінгіти (Public Health Agency of Canada, 2011; Shi et al., 2023). Виявлено, що сім з дев'яти штамів *M. luteus*, виділених з біоплівок, утворених в ендотрахеальних трубках пацієнтів університетської лікарні в Бельгії, були стійкими до оксациліну (Vandecandelaere et al., 2013). У деяких штамів виявлено стійкість до нітрофурантоїну, макроліпідів (еритроміцину) та лінкоміцину (PHAC, 2011). Зважаючи на те, що екстракти *H. annuus* містять різні групи БАР, які відомі своїми антимікробними властивостями, вивчення їхньої дії саме на *M. luteus* є доцільним кроком. Метою роботи було оцінити антимікробний потенціал водно-етанольних екстрактів проростків соняшника (*Helianthus annuus* L.) щодо тест-штамів *M. luteus* в умовах *in vitro.* Насіння *H. annuus* сорту Маслятко пророщували 7–8 діб в оптимальних умовах освітлення і температури, відділяли корені та насінини і з проростками, виготовляли екстракти, у яких якісними реакціями виявляли деякі групи БАР, а також їх антимікробну активність. Водно-етанольні екстракти (ВЕЕ) одержані екстрагуванням проростків з 20-, 60- і 95% водним етанолом методами мацерації у темряві 14 діб і екстрагуванням зі зворотним холодильником за нагрівання (~60–65°C) 30 хв, відповідно до Державної фармакопеї України (співвідношення наважка: екстрагент = 1:20 (маса, г/об'єм, мл)). Антибактерійну активність оцінювали методом дифузії в агар, додаючи в лунки газону однодобової культури *M. luteus* по 0,2 мл екстракту. Засіяні чашки інкубували за 28 ± 1°C і через 24 год вимірювали діаметр зон інгібування (ДЗІ) у мм та оцінювали за шкалою Cappelli et al. (2021).

У всіх ВВЕ *H. annuus* L. виявлені поліфеноли, флавоноїди, гідроксикоричні кислоти, жирні кислоти, вуглеводи, вільні амінокислоти, аскорбінова кислота. Встановлено, що ВЕЕ мають виражену антимікробну активність щодо *M. luteus*. 60% ВЕЕ (виготовлені методом мацерації) проявляв найменший вплив (10,0 ± 0,8 мм), 20% – помірну активність (10,7 ± 0,9 мм), тоді як 95% – найбільший (11,3 ± 0,9 мм). За впливу 20-, 60- і 95% ВЕЕ, виготовлених зі зворотним холодильником, виявлено більші ДЗІ (14,7 ± 0,7 мм, 13,0 ± 0,5 мм і 16,3 ± 0,7 мм, відповідно). Отже, отримані результати підтверджують вміст широкого спектру БАР у водно-етанольних екстрактах проростків *Helianthus annuus* L. сорту Маслятко і перспективи використання цих екстрактів як природних антимікробних агентів проти *Micrococcus luteus*.

Шуба С., Сідашенко О.

ПОШИРЕННЯ АУТОІМУННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ СЕРЕД НАСЕЛЕННЯ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», просп. Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна; e-mail: Shuba.S.S@nmu.one

Shuba S., Sidashenko O. PREVALENCE OF AUTOIMMUNE DISEASES AMONG THE POPULATION. Autoimmune diseases have nearly doubled in prevalence over the past 30 years, particularly affecting young people and children. Environmental factors, gender disparities, and comorbidities further complicate their progression. Quantitative indicators of total IgE were studied and analyzed in 485 samples obtained from individuals aged 2 to 45 years. It was found that the number of samples from children (2–18 years old) was 1.8 times higher than that of adults. This confirms the known epidemiological trends of an increase in allergic manifestations, particularly in younger age groups. Among the adult population, men predominated.

Аутоімунні захворювання становлять одну з найбільш серйозних проблем у системі охорони здоров'я через стрімке зростання їх поширеності, особливо серед людей молодого віку та дітей. Упродовж останніх 30 років показник розповсюдження аутоімунних захворювань за віком збільшився майже вдвічі, що вказує на глибокі зміни у взаємодії імунної системи людини та факторів навколишнього середовища (Xiao et al., 2026). Аутоімунні захворювання, такі як цукровий діабет, атопічний дерматит, ревматоїдний артрит, бронхіальна астма, захворювання щитоподібної залози та алергічні реакції на продукти харчування, характеризуються хронічним перебігом, схильністю до рецидивування та поступовим руйнуванням тканин-мішеней (Yasmeen et al., 2024).

Вважають, що різні алергічні стани вражають у середньому 7–10% населення планети. За період з 1990 по 2021 рік показано значне зростання захворюваності на цукровий діабет 1-го типу, при цьому поширеність ревматоїдного артриту та ревматичної хвороби серця залишається стабільно високою (Xiao et al., 2026). Зокрема, кількість пацієнтів із ревматоїдним артритом у світі перевищила 17,6 млн осіб (Black et al., 2023). Водночас спостерігають тривожну тенденцію до зростання рідкісних системних захворювань, що супроводжуються ураженням багатьох органів одночасно (Lerner et al., 2016). Важливим аспектом епідеміології аутоімунних захворювань також є гендерна диспропорція (Palmer et al., 2025).

На поширення та зростання рівня аутоімунних патологій впливають такі фактори навколишнього середовища, як ксенобіотики, забруднення повітря та води, хронічний стрес, особливості харчування та переважання ультрапереробленої їжі, що призводять до порушення мікробіому та кишкового бар'єра загалом (Miller, 2023). Важливо зазначити, що близько 25% пацієнтів мають схильність до накопичення декількох аутоімунних діагнозів упродовж життя (Aslan et al., 2025). Така коморбідність ускладнює діагностику та вибір терапії, оскільки лікування одного захворювання може впливати на перебіг іншого.

У зв'язку з актуальністю теми, за період із січня по травень 2025 р. у м. Дніпрі було досліджено та проаналізовано кількісні показники загального IgE у 485 зразках, що отримано від людей різного віку – від 2 до 45 років. Аналіз проводили за допомогою методу імунохемілюмінесценції. Встановлено, що кількість дитячих зразків (2–18 років) у 1,8 раза була вищою порівняно з дорослими. Це підтверджує відомі епідеміологічні тенденції зростання алергічних проявів саме у молодших вікових групах: від 5 до 11 років. Серед дорослого населення переважали чоловіки.

Використання змішаних моделей прогнозування вказує на подальше зростання поширеності аутоімунних захворювань до 2032 року (Xiao et al., 2026). Особливе занепокоєння викликає зростання алергічних захворювань серед дітей, тому цей напрям потребує постійного контролю та дослідження для проведення вчасної діагностики і раціонального лікування, що сприятиме попередженню хронізації процесу та покращення якості життя.

Яворський В.[1], Смолій Н.[2], Іжовська І.[1], Гринчишин Н.[2], Звір Г.[1]

НАСЛІДКИ КОРОТКОТРИВАЛОГО ВПЛИВУ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ПЛІВКОУТВОРЮВАЛЬНОГО ПІНОУТВОРЮВАЧА "SOFIR AFFF" НА МІКРОБОЦЕНОЗ ҐРУНТУ

[1]Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; [2]Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська 35, м. Львів, 79000, Україна; e-mail: yaworskyivasyl@gmail.com

Yavorskyi V., Smolii N., Izhovska I., Grynchyshyn N., Zvir G. CONSEQUENCES OF SHORT-TERM EXPOSURE TO THE FIREFIGHTING FILM-FORMING FOAM CONCENTRATE "SOFIR AFFF" ON THE SOIL MICROBIOCENOSIS. Fluorosynthetic film-forming firefighting foam is widely used to extinguish fires involving petroleum products and other flammable liquids. The consequences of short-term exposure of grey forest soil to the foam concentrate "SOFIR AFFF" on the abundance of the main physiological groups of microorganisms were studied at the 1st and 14th days after soil contamination. It was established that short-term contamination of soil with the foam concentrate "SOFIR AFFF" does not inhibit the growth of most physiological groups of microorganisms, with the exception of amylolytic, proteolytic, and cellulolytic microorganisms.

Плівкоутворювальні піноутворювачі на водній основі (Aqueous Film-Forming Foam, AFFF) є спеціалізованими засобами пожежогасіння, розробленими у 1960-х роках для боротьби з пожежами класу B, спричиненими займанням нафти та нафтопродуктів, дизельного пального, легкозаймистих рідин (Peshoria et al., 2020). До складу AFFF входять пер- та поліфторалкільні речовини (ПФАС), які забезпечують високу поверхневу активність, проте здатні до персистування, біоакумуляції і є токсичними для довкілля (Cousins et al., 2020; Wang et al., 2017). Гасіння пожеж із застосуванням плівкоутворювальних піноутворювачів типу AFFF може призводити до надходження ПФАС в ґрунти, ґрунтові води та водойми (Borovykov et al., 2025). Дослідження територій, що зазнали впливу AFFF, демонструють підвищені концентрації ПФАС у ґрунтах і підземних водах протягом десятиліть після застосування піноутворювачів (Schüßler et al., 2025). Потрапляння AFFF у ґрунт може змінювати структуру та функціональну активність мікробних угруповань, знижувати мікробне різноманіття (Li et al., 2022; Luo et al., 2020).

В умовах повномасштабної війни зростає частота пожеж, що зумовлює суттєве збільшення обсягів застосування плівкоутворювальних піноутворювачів типу AFFF під час ліквідації загорянь на нафтобазах, промислових об'єктах, складах паливно-мастильних матеріалів. За відсутності належної системи збору та утилізації піни компоненти AFFF надходять у ґрунт. Тому дослідження впливу AFFF на мікробіоценоз ґрунту є необхідною передумовою для прогнозування екологічних ризиків, розроблення стратегій реабілітації територій, що зазнали забруднення.

Оцінено наслідки короткотривалого впливу піноутворювача "SOFIR AFFF" на чисельність основних фізіологічних груп мікроорганізмів сірого лісового ґрунту через добу та 14 діб після забруднення його піноутворювачем. Розведення ґрунтової суспензії (10^{-4}–10^{-6}) висівали на елективні живильні середовища, культивували за температури 30°C упродовж 3–10 діб, після чого підраховували кількість колоній і перераховували на один грам ґрунту. Контролем був незабруднений ґрунт.

Через добу після забруднення ґрунту піноутворювачем "SOFIR AFFF" не виявлено статистично достовірних змін чисельності більшості фізіологічних груп мікроорганізмів порівняно з контролем, окрім гетеротрофних та нітрифікувальних. Через 14 діб спостерігали стимулювання росту більшості груп мікроорганізмів порівняно з контролем за винятком амілолітичних, протеолітичних та целюлолітичних мікроорганізмів. Таким чином, короткотривале забруднення ґрунту піноутворювачем "SOFIR AFFF" не впливає на чисельність більшості досліджених груп мікроорганізмів, окрім тих, які беруть участь у процесах розщеплення складних органічних сполук.

Berest A.[1], Peretyatko T.[1,2], Zelenchuk M.[1]

PROPERTIES OF BACTERIAL STRAINS ISOLATED FROM MICROBIAL MATS OF FRESHWATER LAKES IN MARITIME ANTARCTICA

[1]Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevsky St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
[2]State Institution "National Antarctic Scientific Center", Taras Shevchenko Blvd, 16, Kyiv, 01601, Ukraine; e-mail: Andrii.Berest@lnu.edu.ua

Freshwater ecosystems of Antarctica serve as natural models for investigating the functioning of extreme biotopes shaped by low temperatures, seasonal fluctuations in light availability, limited nutrient input, and the specific mineral composition of water. Under such conditions, microbial mats acquire particular ecological significance as highly organized consortia of microorganisms within which intensive interspecific interactions occur. The bacterial components of these communities play a pivotal role in maintaining microecosystem stability by mediating the transformation of organic and inorganic compounds, mobilizing nutrients, and contributing to the structural integrity of the mat. Psychrophilic and psychrotolerant bacteria inhabiting these communities are regarded as promising sources of cold-active enzymes and biologically active compounds with potential applications in biotechnology and agroecology (Cavicchioli et al., 2011; Siddiqui et al., 2013).

A total of 140 bacterial strains were isolated from microbial mats of freshwater lakes located on Irizar and Uruguay Islands (Argentine Islands, Maritime Antarctica) (Zelenchuk et al., 2025). Isolation was performed using classical microbiological techniques. Physiological and biochemical properties were assessed by inoculation onto agar media: Pikovskaya medium (for detection of strains capable of orthophosphate solubilization), MSM supplemented with ZnO (for zinc-solubilizing bacteria), medium containing carboxymethyl cellulose (for cellulolytic activity), and a medium for screening lipolytic bacteria. Siderophore and exopolysaccharide production were determined spectrophotometrically.

The isolated bacteria exhibited a broad spectrum of functionally significant metabolic traits. In particular, they demonstrated the ability to solubilize poorly soluble mineral phosphorus compounds and zinc oxide (ZnO). In addition to solubilization activity, several strains produced siderophores – low-molecular-weight compounds with high affinity for ferric ions. The hydrolytic potential of the investigated cultures was evidenced by their capacity to degrade carboxymethyl cellulose and lipids, indicating the production of extracellular cellulases and lipases. These enzymatic activities facilitate the breakdown of complex organic polymers into more bioavailable substrates, thereby sustaining carbon cycling within microbial mats.

Bacterial strains isolated from microbial mats of freshwater lakes in Maritime Antarctica produced exopolysaccharides in concentrations ranging from 0.3 to 17.5 mg/L.

Carbon source utilization was evaluated on Hiss medium supplemented with individual carbohydrates, with bacterial growth and pH changes monitored using an indicator system. Assessment of 27 strains revealed pronounced metabolic plasticity: thirteen strains induced significant acid production on glucose, whereas most other substrates yielded positive reactions only in individual strains. The majority of strains isolated from mats of Lake Irizar exhibited growth on all tested media (12/17), whereas strains from Lake Uruguay demonstrated greater substrate specialization (3/10 grew on only one medium).

In conclusion, microbial mats of freshwater lakes on Irizar and Uruguay Islands represent a source of functionally active bacterial strains exhibiting varying levels of metabolic activity. The observed diversity of physiological traits reflects adaptation of microbial communities to local extreme environmental conditions. These findings expand current understanding of the role of bacteria in Antarctic freshwater ecosystems and substantiate the further investigation of their biotechnological potential.

Bilous M.[1], Holovan V.[1], Andriychuk O.[2]

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE STUDY OF PHAGES

[1] PZO "Klaris Verbis High School" LLC, Dniprovska naberezhna St., 19, Kyiv, 02081, Ukraine;
[2]Taras Shevchenko National University of Kyiv, Volodymyrska St., 64/13,
Kyiv, 01601, Ukraine; e-mail: mykhailo.v.bilous@gmai.com

The research is devoted to the study of the biological properties of bacteriophages and the development of a neural network for predicting their potential application as antibacterial agents. The rapid growth of antibiotic resistance represents one of the most pressing global health challenges, requiring the development of alternative and environmentally safe antimicrobial strategies. Phage therapy has been recognized as one of the most promising approaches for the treatment of bacterial infections resistant to antibiotics. However, one of the key challenges remains the accurate identification of specific "phage-host" interactions. The use of artificial intelligence to predict phage-bacterium compatibility enables a more efficient, selective, and sustainable biocontrol strategy while significantly reducing the need for extensive laboratory screening.

The aim of this study was to develop a neural network capable of predicting the possibility of phage-bacterium interaction for the further design of bacteriophage-based antibacterial preparations. To achieve this objective, the development of the neural network PhagoRix included several essential stages. First, the research problem was formulated and biological data were collected, including protein and genomic sequences obtained from open-access databases such as NCBI and UniProt. The dataset underwent preprocessing, including cleaning, normalization, and division into training, validation, and test subsets. At the modeling stage, an appropriate neural network architecture was selected, and the model was trained to recognize patterns associated with phage–host interactions. The trained system was then evaluated using performance metrics such as accuracy and recall to assess predictive capability. Additionally, architectural parameters were optimized to improve model performance and generalization capacity.

Within the framework of this research, the PhagoRix neural network demonstrated a prediction accuracy of 46%, confirming the feasibility and practical potential of applying artificial intelligence in phage therapy research. This level of accuracy already allows a substantial reduction in time and laboratory resources required for traditional experimental screening. In vivo studies further demonstrate that bacteriophages can serve as effective agents without negative impact on human health or the environment. The results indicate that artificial intelligence systems are capable of analyzing complex interaction factors that may not always be fully identified through conventional laboratory methods.

The integration of bioinformatics and neural network modeling therefore opens new perspectives for the development of innovative, environmentally friendly antibacterial technologies and contributes to sustainable strategies for combating antibiotic resistance. PhagoRix represents not only a computational tool but also a step toward responsible, science-driven solutions that support public health and environmental sustainability.

Diakiv S.[1], Ilkevych A.[2], Kuzmishyna I.[3], Komovych L.[1]

BIOLOGICAL ACTIVITY OF URBAN SOILS MICROBIOTA, FORMED BY THE INTRODUCTION OF CONSTRUCTION WASTE

[1]Lutsk National Technical University, Lvivska St., 75, Lutsk, 43018, Ukraine;
[2]Volyn Scientific Lyceum of the Volyn Regional Council, Selyshchna St., 2 V, Lutsk, 43006,Ukraine;
[3]Lesya Ukrainka Volyn National University, Vynnychenka St., 30 A, Lutsk, 43025, Ukraine;
e-mail: s.diakiv@lntu.edu.ua

The consequence of the aggressor's military actions is large-scale destruction on the territory of Ukraine. According to last year's report RDNA4 (Ukraine – Fourth Rapid Damage and Needs Assessment), since the beginning of the war, more than 236 thousand houses have been damaged or destroyed. That equals 13% of the housing stock. The issue of researching the impact of building structure waste during their storage or disposal on soil-forming processes in which microorganisms play a key role seems critical.

The purpose of the work was to investigate the microorganisms number and their enzymatic activity in urban soils in the presence of construction waste. At the agricultural training field of the Lutsk National Technical University (LNTU), a construction waste layer was filled in, the last was covered on top with zonal soil; the experimental soil sample was taken there. Control – soil from the neighboring waste-free site. Typical ruderal weeds with a predominance of representatives of the *Poaceae* and *Asteraceae* families are dominant at the LNTU agricultural training field: *Poa pratensis* L., *Elymus repens* (L.) Gould, *Poa annua* L., *Plantago lanceolata* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Trifolium repens* L., *Taraxacum officinale* F.H.Wigg., *Achillea submillefolium* Klok. et Krytzka, while *Artemisia vulgaris* L., *Glechoma hederacea* L., *Erigeron canadensis* L. and *Stenactis annua* (L.) Cass. ex Less. are appened less often. The pH value of the water extraction of urban soils from dark grey podzolized light loam soil taken from the test site is 7.74, which is 0.24 units higher than the control, probably as a consequence of the contents of the building structures. The samples humidity almost weren't differ in.

The total number of microorganisms in the test sample is (5.00×10^6) CFU/g abs. dry soil, and it is 1.8 times lower than in the control. Cellulase activity of natural fabric decomposition in the soil layer from the experimental site during 35 days equals 33.55%, which was 4.1% higher than in the control, but of paper decomposition – 1.5 times lower. According to the Zvyagintsev cellulase activity scale, cellulase activity is weak or medium in both areas. The rate of conversion of the applied nitrogen fertilizer into available to plants forms depends on the activity of ureases (Volkohon et al, 2010). Urban soils of the control sample have a higher urease activity (pH of the indicator was 10-11 per 20 hours of reaction). Under the influence of adverse factors on living organisms protection mechanisms are activated, which include enzymes of the antioxidant system (Maslovska, Hnatush, 2014). It is established that the catalase activity is present in both samples, differs insignificantly, by almost 1 microliter. This indicates that both soil samples are under the influence of adverse environmental factors, which, in particular, can be compounds of heavy metals, present both as part of construction waste and in the air phase bordering the soil, since the territory of LNTU is located along a busy highway at the exit from the city of Lutsk.

Therefore, further studies of the urban soil microbiological activity seem relevant for the searching for ways to improve the properties of technical soil formed with the introduction of construction waste.

Dovhyi R., Bulyhina T., Babich T.

SEX-RELATED DIFFERENCES IN TEAR SECRETION AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF TEARS ASSESSED BY SCHIRMER'S TEST AND AGAR DIFFUSION ASSAY IN CHINCHILLA RABBITS (PILOT STUDY)

Educational and Scientific Center "Institute of Biology and Medicine" of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Hlushkova Avenue, 2, Kyiv, 03127, Ukraine; e-mail: roman_dovhyi@knu.ua

Tear fluid is a multifunctional biological secretion that plays a critical role in maintaining ocular surface homeostasis by providing lubrication, optical stability, mechanical protection, and antimicrobial defense. As an essential component of innate mucosal immunity, the tear film contains a variety of antimicrobial molecules, which help prevent microbial colonization and infection of the ocular surface.

Although the protective and immunological functions of tear fluid are well established, accumulating evidence of sex-related differences in ocular surface physiology and tear film disorders suggests that biological sex may influence tear function. However, data regarding sex-associated variation in the functional innate antimicrobial properties of tears remain limited, providing a rationale for the present study. Therefore, the aim of this work was to investigate sex-related differences in tear secretion and antimicrobial activity of tears in Chinchilla rabbits using Schirmer's test and agar diffusion assay.

A total of 6 male and 6 female Chinchilla rabbits (24 eyes) were used in this study. Basal tear production was measured with the Schirmer tear test-1 (STT) in all animals. A standardized strip of filter paper (Contacare, India) was placed in the lower conjunctival fornix (middle third of the lower eyelid), and tear wetting was quantified in millimeters after 3 minutes. Mueller Hinton Agar plates were inoculated with *M. luteus* UCM Ac-645 according to the standard disk diffusion protocol. Antimicrobial activity of tears was assessed by placing the test strips on the surface of inoculated agar. The Mann-Whitney U test has been used for comparisons between sexes. Comparisons between the right and left eyes were performed using the Wilcoxon Signed-Rank Test.

There were no statistically significant differences in tear production rate and antimicrobial activity between sexes. However, there was significantly higher tear production in the left eye compared to the right eye in male rabbits ($p<0.05$). In contrast, no significant difference in this parameter was observed between the eyes of female animals. Interocular interaction and variability have previously been discussed in clinically normal New Zealand White rabbits evaluated by the Schirmer tear test, with Whittaker and Williams (2015) reporting higher STT values in the second eye tested, suggesting an interaction effect between eyes. These findings imply that tear production may not always be strictly symmetrical even in healthy subjects. Our experiment was conducted in an educational laboratory setting as part of the course "Laboratory Practicum in Immunology", and the sequence of eye testing was not specifically controlled. Therefore, the left eye may have been tested second in some cases, potentially contributing to the observed interocular difference and aligning with the findings of Whittaker and Williams (2015). Biological sex has been shown to influence autonomic reactivity and stress responses across mammalian species, with males and females exhibiting differential patterns of sympathetic and parasympathetic modulation (Dearing et al., 2022; Nugent et al., 2011). These mechanisms may hypothetically contribute to the more pronounced interocular interaction observed in male rabbits in our study.

In contrast to tear production rate, antimicrobial activity showed a non-significant tendency towards higher values in tears from the right eye in male rabbits ($p>0.05$). This may hypothetically be explained by a dilution effect. Increased tear secretion could reduce the effective concentration of antimicrobial components in tears, although this interpretation remains speculative and requires further confirmation. Overall, the inhibition zones in agar diffusion assay were generally small, and the absence of detectable sex-related differences may, at least in part, be attributed to the relatively low overall antimicrobial activity of the tear samples.

In summary, the study suggests a possible sex-associated pattern of interocular interaction in tear secretion, with more consistent interocular differences observed in male rabbits.

Harmasheva S., Garmasheva I., Fomina M.

SELECTION OF GAMMA-AMINOBUTYRIC ACID PRODUCERS AMONG YEASTS

D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NAS of Ukraine, Academician Zabolotnogo St., 154, Kyiv, 03680, Ukraine; e-mail: svitlana.garmasheva@gmail.com

Introduction. Gamma-aminobutyric acid (GABA) is the main inhibitory neurotransmitter in the nervous system of mammals and humans. Pathological changes, resulting in a reduced level of GABA in the body, are associated with such mental disorders as depression, anxiety, schizophrenia, insomnia, and others. It is known that representatives of the human gastrointestinal microbiota are psychobiotics, microorganisms capable of synthesizing a number of neuroactive compounds, such as short-chain fatty acids (SCFA), dopamine, glutamate, GABA, etc. It has been observed that the intestinal microbiota of patients with mental disorders has differences in the qualitative and quantitative composition of microorganisms compared to mentally healthy subjects. Therapeutic measures with the intake of exogenous GABA in fermented products demonstrate clinical efficacy, especially as a concomitant intake with other psychotropic drugs, allowing to reduce the pharmacological load on the body, and improving the state of the gastrointestinal microbiota. The method of microbiological production of GABA by fermentation is promising and optimal for commercial production, due to the advantages that are absent in biochemical production, including a simplified manufacturing process, the absence of harmful reagents, economic benefits for the manufacturer and consumer, and reduced harmful effects on the environment. Fermented products are deeply integrated into the traditional cuisine of most nationalities, the predominant raw materials, the taste and organoleptic qualities of which depend on the region of production. The most popular raw materials are usually milk, vegetables, flour and meat products. An integral part of a fermented dish are microorganisms responsible for the fermentation process. Yeasts are widespread fermentative microorganisms, with a large number of species and strains providing diversity in the types of fermented products, special taste qualities and a set of useful exometabolites released during the fermentation process. It was found that a number of yeast species and strains have psychobiotic potential, i.e. are able to synthesize neuroactive compounds, including GABA. The aim of our work was to screen and select yeast strains capable of synthesizing GABA.

Methods. In total, fifty-seven yeast strains belonging to the Ukrainian Collection of Microorganisms and several working collections were studied. The first stage of screening involved a qualitative assessment of the ability of yeast to synthesize GABA by recording the change in pH during incubation of the biomass in a solution containing glutamic acid. When quantitatively assessing the synthesis of GABA, promising strains selected after the first stage were cultivated in a nutrient medium containing 3% monosodium glutamate, and the results were confirmed by thin-layer chromatography.

Results. Among the studied yeast strains, 65.5% demonstrated synthetic activity. Most GABA-positive strains are representatives of the genus *Saccharomyces* spp., among which more than 50% of GABA producers were recorded. The sources of isolation of active strains included sourdough (33% strains), microbiota of Abkhazian centenarians (20% strains), collection wine and alcohol strains. Also, some strains of the species *Wickerhamomyces anomalus*, *Kluyveromyces marxianus* and *Yarrowia lipolytica* have shown themselves as promising psychobiotic microorganisms.

Conclusion. The selected yeast strains are promising for the production of a wide range of fermented products enriched with GABA.

Kaplun A., Raievska I., Schogolev A.

EFFECT OF SEED BACTERISATION WITH LACTIC ACID BACTERIA ON DYNAMICS OF CHEMOTACTIC ACTIVITY OF WHEAT ROOT EXUDATES

V. N. Karazin Kharkiv National University, Maidan Svobody, 4, Kharkiv, 61022, Ukraine;
e-mail: anna.kaplun@student.karazin.ua

Plant growth and development are largely influenced by interactions within the rhizosphere. Root exudates, consisting of sugars, amino acids, organic acids, and secondary metabolites, play a major role in shaping the microbial community by attracting beneficial microorganisms through chemotaxis. Bacterisation of seeds with microbial inoculants is an effective strategy for improving plant–microbe interactions and establishing beneficial rhizosphere microbiom. Lactic acid bacteria, commonly known for their probiotic properties, have recently been recognized as promising candidates for application in agriculture. Their metabolic activity and ability to synthesize growth-promoting compounds can influence root exudation patterns and microbial signaling processes. Regarding this, the aim of work was determining the effect of lactic acid bacteria on dynamics of chemotactic activity of rhizosphere bacteria towards soft wheat root exudates.

The object of this study was wheat seeds of the Smuglyanka variety from the Institute of Plant Physiology and Genetics of the NASU. *Bifidobacterium bifidum* LBA-3 and *Lactobacillus bulgaricus* IZ 03501 from the Institute of Problems Cryomicrobiology and Cryomedicine of the NASU were used as probiotic cultures. Seeds were bacterised at the rate of 0.1 ml of bacterial suspension per 10 g of seeds during 5 min. Then seeds were placed on filter paper and germinated in termostat for 3 days at 24°C. Germinated seeds were placed root-down in containers with water for another 14 days. Root exudates were evaporated on water bath during 3 days and washed from the cups with sterile water until volume of 5 ml and filtered through bacterial filters. Four experimental variants were used to obtain root exudates: I – no treatment, II – bacterisation with *B. bifidum* culture, III – bacterisation with *L. bulgaricus* culture, IV – complex of *B. bifidum* and *L. bulgaricus* and water as a control variant. 0.5 ml of root secretions were added to a test tube together with 20 ml of medium and transferred to a cup to solidify.

Chemotactic activity determining. A bacterial suspension was prepared adding one bacterial loop of culture to the tube containing 3 ml of physiological solution. Then 0.1 ml of the bacterial suspension was added to the center of the solidified medium dropwise. Petri dishes were left in a thermostat for 7 days at a temperature of 28°C. Size of the chemotactic ring was measured with a ruler on third, fifth and seventh days of cultivation. Chemotactic activity was studied using three strains of bacteria: I – *Azospirillum brasiliense* 410*,* II – *Azospirillum brasiliense* 77*,* III – *Bradirhizobium japonicum* 634b from Institute of Agricultural Microbiology and Agro-Industrial Production of NAAS.

The results of the study demonstrated a consistent trend toward increased chemotactic activity by the fifth day. The most pronounced increase was observed in *A. brazilense* 410, where the value in the complex treatment variant reached 187%, and in the *B. bifidum* treatment variant – 180% relative to the control. In contrast, the greatest increase in the diameter of the chemotactic ring compared to the third day was shown for *A. brazilense* 77, reaching almost 300% under complex treatment. A decline in activity was observed in all variants on the seventh day. Compared to the fifth day, the most significant decrease in activity was observed in *B. japonicum* 634b across all experimental variants. The rise in chemotactic activity of the studied strains in all treatments on the fifth day is likely associated with the onset of the exponential growth phase of the bacteria, which resulted in active utilization of sugars present in wheat root exudates and intensive growth. The depletion of medium resources led to the transition to the stationary growth phase and a subsequent reduction in bacterial growth on the seventh day.

Kravets A., Komplikevych S., Maslovska O., Hnatush S.

MICROORGANISMS FROM THE RHIZOSPHERE OF PLANT COMMUNITIES COLLECTED ON THE ISLANDS OF THE MARITIME ANTARCTICA

Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine; e-mail: nastyakravec45@gmail.com

Antarctic terrestrial ecosystems are characterized by low temperatures, moisture deficiency, high levels of ultraviolet radiation, and limited nutrient resources. Under such conditions, moss banks are important centers for the formation of microbial communities. Despite the active development of molecular biological research, the cultivated part of the microbiota of Antarctic ecosystems remains insufficiently studied. The aim of the work was to isolate and study the properties of bacteria from plant communities collected on the islands of the Maritime Antarctica.

Samples of *Sanionia georgicouncinata*, *Warnstorfia fontinaliopsis*, moss bank formed by *Polytrichum strictum* and *Cephaloziella varians* (collected on Waugh Island), *Sanionia* sp. (from Leonie Island), *Deschampsia antarctica* (from Deception Island) were collected during the 28th Ukrainian Antarctic Expedition. Microorganisms were isolated using classical microbiological methods on tryptic soy agar, R2A, and agarized extract from substrates. Cell morphology was studied using light microscopy. Physiological and biochemical properties were evaluated based on growth at different temperatures, the presence of enzymatic activities (catalase, oxidase, amylase, protease, lipase, and urease), the ability to fix molecular nitrogen, solubilize zinc oxide and calcium orthophosphate, and produce siderophores.

It was found that the number of cultivated microorganisms in samples from different plant communities ranged from 10^3 to 10^7 CFU/g of substrate, depending on the sampling site and vegetation type. The highest number of cultivated microorganisms was found in the *W. fontinaliopsis* sample collected on Waugh Island (6.5×10^6–1.25×10^7 CFU/g of dry sample).

Nineteen bacterial isolates were selected from the samples studied. Most of them formed round colonies with a smooth surface and a convex profile, measuring 1–3 mm in diameter on nutrient agar medium. Approximately 20–30% of the strains exhibited uneven or wavy edges, a matte surface, and pigmentation. Microscopy results showed that rod-shaped cells predominated. Most cultures grow at temperatures between 4–25°C, with an optimum of 15–20°C. Among 19 bacterial isolates, catalase activity was detected in 17, oxidase activity in 7, protease, lipase, and urease activity in 10 isolates each, and amylase activity in only one isolate. Some of the bacterial isolates exhibited plant growth-promoting traits: one isolate was capable of nitrogen fixation, one isolate was capable of solubilizing ZnO, seven isolates could solubilize $Ca_3(PO_4)_2$, and seven isolates produced siderophores.

Thus, moss banks of the Maritime Antarctica islands are a source of cultivated bacteria with a wide range of morphological, physiological and biochemical properties. The results obtained supplement the data on the microbiota of Antarctic ecosystems and provide a basis for further research into the adaptive potential and possible biotechnological applications of the isolated strains.

This study was conducted within the framework of the State Target Scientific and Technical Research Program in Antarctica for 2011–2027.

Motovylo A., Melnyk M., Komplikevych S., Maslovska O., Hnatush S.

THE INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON THE PLANT GROWTH-PROMOTING TRAITS OF BACTERIA ISOLATED FROM BIOTOPES WITH EXTREME CONDITIONS

Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
e-mail: anzhela.motovylo@lnu.edu.ua

The ability of bacteria to stimulate plant growth and development stems from their capacity to synthesize phytohormones, fix nitrogen, and mobilize mineral nutrients. However, the functional activity of such microorganisms significantly depends on environmental conditions. Abiotic factors, in particular temperature, pH, humidity, salinity, and the presence of toxicants, can both limit and enhance the plant growth-promoting traits of bacteria. The aim was to study how changes in temperature, increased NaCl content, and potassium dichromate affect the ability of bacteria isolated from various biotopes with unfavourable living conditions to synthesize siderophores and solubilize $Ca_3(PO_4)_2$ and ZnO.

The study used 10 strains of bacteria isolated in 2020–2024 by staff of the Department of Microbiology at Ivan Franko National University of Lviv from various Antarctic samples and infiltrates from the Lviv solid waste landfill. The bacteria were cultured on Pikovska's medium (to study the ability to solubilize $Ca_3(PO_4)_2$), MM9 with chromazurol S and hexadecyltrimethylammonium bromide medium (to detect the ability to form siderophores), and MSM with ZnO (to study the ability to solubilize ZnO) for 7 days. To assess the effect of temperature, the bacteria were cultivated at 22 ± 1°C and 28 ± 1°C. To study the effect of salt stress, NaCl was added to the culture media at a concentration of 2% (for bacteria *Lysinibacillus* sp. IMV B-8081, *Arthrobacter* sp. E35, *Paenarthrobacter* sp. 2B-in-78, *Pseudarthrobacter* sp. IMV B-7981) or 5% (for bacteria *Bacillus* sp. IMV B-8128, *Paenibacillus tundrae* IMV B-7915, *Microbacterium* sp. IMV B-8080, *Ochrobactrum rhizosphaerae* IMV B-7956) and cultivated at a temperature of 28 ± 1°C. To study the effect of chromium, 0.1 mM potassium dichromate was added to the medium.

The synthesis of siderophores by the studied bacteria was mostly stable to temperature changes. Only *Pseudarthrobacter* sp. IMV B-7981 produced 7.5 times fewer siderophores at 22°C compared to the synthesis of siderophores by these bacteria at 28°C. Under the influence of NaCl, *Bacillus sp*. IMV B-8128 and *Microbacterium* sp. IMV B-8080 produced 3.5 and 2.9 times more siderophores, respectively. Under the influence of $K_2Cr_2O_7$, only the *Microbacterium* sp. IMV B-8080 strain retained its ability to grow on a chromazurol S medium. The ability of the studied bacteria to solubilise ZnO varied with cultivation conditions. The ZnO solubilization index of *Bacillus* sp. IMV B-8128 at 22°C was 3.8 times higher than at 28°C. For other strains, no effect of temperature and NaCl on the ability to solubilize ZnO was found. In the presence of $K_2Cr_2O_7$, a ZnO solubilisation zone (index 0.56 ± 0.3) was found around the colonies of *Lysinibacillus* sp. IMV B-8081, despite its absence under optimal conditions. Other strains on the medium with $K_2Cr_2O_7$ either did not grow (*Bacillus* sp. IMV B-8128, *Arthrobacter* sp. E35) or lost their ability to solubilize ZnO. All bacteria studied grow on Pikovska's medium containing $Ca_3(PO_4)_2$ at 28°C, but do not form a solubilization zone around the colonies. At a temperature of 22°C, strains *P. tundrae* IMV B-7915, *Lysinibacillus* sp. IMV B-8081 and *Bacillus* sp. IMV B-8128 solubilized $Ca_3(PO_4)_2$; the solubilization indices were 2.07 ± 1.78, 1.26 ± 1.18 and 0.52 ± 0.13, respectively. Under the influence of NaCl, the phosphate solubilization index of *P. tundrae* IMV B-7915 decreased slightly, while $K_2Cr_2O_7$ completely inhibited the phosphate solubilization ability or growth of all bacteria. Thus, abiotic factors have different effects on the plant growth-promoting traits of bacteria, and strains that maintain or enhance their activity under stressful conditions are of particular interest for further research.

This study was conducted within the State Target Scientific and Technical Research Program in Antarctica for 2011–2027 and within the project "Development of an approach to restore soil fertility in soils affected by hostilities using microbial biological preparations", state registration No. 0124U000931.

Pękala-Safińska A.[1], Tkaczenko H.[2], Buyun L.[3], Honcharenko V.[4], Prokopiv A.[4,5], Kurhaluk N.[2]

IN VITRO ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF SELECTED *FICUS* L. SPECIES AGAINST PATHOGENIC *AEROMONAS* STRAINS ISOLATED FROM AQUACULTURE

[1]Department of Preclinical Sciences and Infectious Diseases, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Sciences, University of Life Sciences in Poznań, Wołyńska St., 33, Poznań, 60-637, Poland; [2]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; [3]M. M. Gryshko National Botanic Garden, National Academy of Science of Ukraine, Sadovo-Botanichna St., 1, Kyiv, 01014, Ukraine; [4]Faculty of Biology, Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine; [5]Botanic Garden of Ivan Franko National University of Lviv, Cheremshyny St., 44, Lviv, 79014, Ukraine; e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, agnieszka.pekala-safinska@up.poznan.pl

The increasing prevalence of antimicrobial resistance among pathogens in aquaculture systems has made it urgent to find alternative solutions to conventional antibiotics (Heuer et al., 2011; Hoel et al., 2019). Plant-derived bioactive compounds, including flavonoids, phenolic acids, alkaloids and terpenes, are increasingly recognised as potential antimicrobial and immunostimulatory agents (Salem et al., 2013; Reverter et al., 2014). *Ficus* species (Moraceae) are widely distributed and have long been used in traditional medicine to treat skin infections, parasitic infections, and digestive disorders (Ali and Chaudhary, 2011; Majumder and Paridhavi, 2013; Badgujar et al., 2014). These plants produce a wide array of secondary metabolites with demonstrated antibacterial and antifungal activity, making them promising candidates for use in aquaculture as natural antimicrobial agents (Cushnie and Lamb, 2005; Padmanabhan and Jangle, 2012; Chatterjee et al., 2015).

The present study evaluated the *in vitro* antibacterial activity of ethanolic leaf extracts from 41 *Ficus* species against three pathogenic *Aeromonas* strains: *Aeromonas sobria*, *Aeromonas hydrophila* and *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*. These strains were isolated from diseased common carp (*Cyprinus carpio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and identified using standard morphological, biochemical and molecular techniques, including PCR-RFLP analysis of 16S rDNA genes (Kozińska, 2007). The antimicrobial susceptibility of the isolates was evaluated using the Kirby-Bauer disc diffusion method for both conventional antibiotics and plant extracts on Mueller-Hinton agar, in accordance with the guidelines of the Clinical and Laboratory Standards Institute (*Clinical and Laboratory Standards Institute: VET03-A*, 2006). The inhibitory effect of the extracts was quantified by measuring the diameter of the zones of bacterial growth inhibition (IZD), with a diameter of ≥15 mm indicating high susceptibility, 10-15 mm indicating intermediate susceptibility, and ≤10 mm indicating resistance (Okoth et al., 2013).

The results showed that the antimicrobial activity of the tested extracts varied. Around 34.2% of the extracts inhibited *A. sobria*, 31.7% inhibited *A. salmonicida* subsp. *salmonicida* and 24.4% inhibited *A. hydrophila* at high levels of susceptibility. *Ficus hispida* exhibited the strongest activity against *A. sobria* (IZD 25.56 ± 1.63 mm), and *F. binnendijkii* and *F. tinctoria* also showed significant inhibition across multiple strains. *F. virens*, *F. sagittata* and *F. religiosa* were particularly effective against *A. hydrophila* (IZD 22–25 mm). *A. salmonicida* subsp. *salmonicid*a, the psychrophilic pathogen associated with furunculosis in salmonids, displayed the highest overall sensitivity to the extracts. There was no statistically significant inhibition observed in the negative control wells containing ethanol, which confirms that the effect was due to the phytochemicals.

The antimicrobial efficacy observed is likely due to the interaction of multiple secondary metabolites in the extracts, including flavonoids, phenolic acids, tannins, alkaloids, glycosides, saponins and terpenes (Cowan, 1999; Daglia, 2012). Flavonoids can inhibit bacterial DNA and RNA synthesis, disrupt cell membranes, inactivate microbial adhesins and interfere with enzymes and transport proteins. Meanwhile, tannins and polyphenols enhance antibacterial activity and can work together with conventional antibiotics (Cushnie and Lamb, 2005; Daglia, 2012). Previous studies have highlighted the similar effects of *Ficus* species against both Gram-positive and Gram-

negative bacteria, emphasising their broad-spectrum antimicrobial potential (Sirisha et al., 2010; Chatterjee et al., 2015; Tkachenko et al., 2016–2019).

These findings suggest that certain species of *Ficus* represent a promising source of natural antimicrobial agents for use in aquaculture. This could potentially reduce reliance on conventional chemotherapeutics and mitigate the spread of drug-resistant bacteria (Valladão et al., 2015; Wang et al., 2017). Future studies should focus on the phytochemical characterisation and identification and quantification of active constituents, the determination of optimal dosing and the evaluation of *in vivo* efficacy and safety in fish models. Botanic gardens, such as the National Botanic Garden in Kyiv and the Botanic Garden of Ivan Franko National University in Lviv, are invaluable repositories of plant biodiversity and could be a valuable source of new plant-derived antimicrobials (Cibrian et al., 2013).

The study was part of the statutory activity of the National Veterinary Research Institute in Puławy (Puławy, Poland) and Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk (Słupsk, Poland).

Pukas V.[1], Purska M.[2], Komplikevych S.[1]

ANALYSIS OF CHANGES IN THE DRUG SUSCEPTIBILITY PROFILE OF *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS* TO FIRST- AND SECOND-LINE DRUGS DURING 2023–2025

[1]Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
[2]Communal Non-Profit Enterprise of the Lviv Regional Council "Lviv Regional Phthisiopulmonology Clinical Rehabilitation and Diagnostic Center" (Lung Health Center), Zelena St., 477, Lviv, 79005, Ukraine; e-mail: viktoriia.pukas@lnu.edu.ua

Tuberculosis is an ancient infectious disease caused by the adaptive acid-fast bacterium *Mycobacterium tuberculosis*; it is transmitted by airborne droplets. The pathogen is an obligate aerobe that reproduces slowly and can effectively suppress the immune response by inhibiting macrophage maturation. After penetrating the alveoli, the bacteria can remain inactive for a long time, integrating into the host's body. The effectiveness of treatment for such latent or active infections depends directly on the microorganism's sensitivity to antibacterial drugs, primarily first- and second-line agents, which determines the treatment strategy.

The aim of the study was to analyze the dynamics of *Mycobacterium tuberculosis* resistance to the main anti-tuberculosis drugs and to assess changes in bacterial load in patients during 2023–2025.

The study examined sputum and lung lavage fluid from patients. The prevalence of rifampicin resistance among the detected strains of *M. tuberculosis* during 2023–2025 was assessed using the Xpert MTB/RIF Ultra system, while resistance to isoniazid and fluoroquinolones, as well as drug-susceptibility testing, were assessed using the Xpert MTB/XDR system.

During 2023–2025, the proportion of rifampicin-resistant strains was stable, ranging from 3.3% to 5%, with a peak in 2024. The proportion of rifampicin-sensitive samples significantly outweighed resistant ones, although it decreased slightly (from 10.8% in 2023 to 9.7% in 2025). The number of cases with an undefined resistance status did not exceed 0.1%. At the same time, the proportion of samples with an ultra-low bacterial load ("traces") decreased during this period. While in 2023 the indicator was almost 15% of the total number of studies, by 2025 it had decreased to 7%. The dynamics of resistance to other drugs also changed. While in 2023, resistance to isoniazid was 79.1% and to fluoroquinolones was 30.1%, by 2025, the situation had improved significantly. In particular, isoniazid-sensitive strains became the dominant group (58.3%), and resistance to fluoroquinolones halved from the start of the study to 15.2%.

Thus, during the study period, the incidence structure continued to be dominated by patients with forms of tuberculosis sensitive to rifampicin as the primary first-line drug. The sensitivity profile to isoniazid and fluoroquinolones also improved significantly. The proportion of samples with an ultra-low bacterial load decreased more than twofold over three years.

Skovorodnikova M.[1], Dovhyi R.[1], Kharchuk A.[2]

HEMATOLOGICAL AND LYMPHOID ORGAN CHANGES AFTER PEG-MODIFIED POLYHYDROXYBUTYRATE IMPLANTATION IN RATS: A PILOT STUDY

[1]ESC "Institute of Biology and Medicine" Taras Shevchenko National University of Kyiv, Glushkova Avenue, 2, Kyiv, 03022, Ukraine; [2]D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NAS of Ukraine, Akademika Zabolotnoh St., 154, Kyiv, 03143, Ukraine; e-mail: vrflmm@gmail.com

Polyhydroxybutyrate (PHB) is a biomaterial with potential for biomedical and tissue engineering applications; however, its brittle nature and high crystallinity limit its use. Blending PHB with polyethylene glycol (PEG) produces natural–synthetic composites with reduced crystallinity, increased flexibility, and surface properties that enhance cell adhesion and proliferation (Chan et al., 2011). Such PHB/PEG composites are more suitable for tissue engineering (Cheng et al., 2003), though they may still trigger inflammatory processes, which are important for recovery and homeostasis. In reconstructive surgery, systemic inflammation reflects the response to surgical trauma and implanted materials and can be assessed using hematological parameters, including hemogram and WBC-derived indices. Additionally, systemic inflammation is mirrored by changes in lymphoid organ weight.

This work aims to assess markers of systemic inflammation in rats with PHB/PEG-based subcutaneous (s.c.) implants. Adult Wistar rats were allocated into three groups (n = 6 per group; 3 males and 3 females): intact control (no surgery), sham-operated control (s.c. pocket without implant) and PHB+PEG group (10-mm disc) implanted subcutaneously in the dorsal thoracic region via blunt dissection. Animals were euthanized 21 days post-implantation. Whole blood was collected for hematological analysis, and thymus and spleen weight indices were determined.

Our results demonstrated significant sex-dependent differences across all analyzed inflammatory markers between male and female rats. In male rats, sham surgery was associated with a slight increase in total white blood cell (WBC) count compared with intact controls. Lymphocyte (Ly) counts were moderately elevated in sham-operated animals, with the mean absolute number nearly twice that of intact controls, while in the PHB+PEG group absolute Ly count was higher than in sham-operated animals and the Ly fraction increased only slightly. Granulocyte (Gr) counts in the sham group were higher than in intact controls, indicating a slight persistent inflammatory process associated with wound healing, whereas in the PHB+PEG group Gr counts were comparable to intact animals, indicating accelerated wound healing and return to homeostasis. Absolute and relative monocyte (Mo) counts did not differ significantly among the groups, while platelet (PLT) counts were elevated in sham-operated animals but did not differ from intact controls in PHB+PEG animals. WBC-based inflammatory indices provide more precise insight into immune-inflammatory balance than differential WBC counts alone, integrating innate and adaptive components. The neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), platelet-to-lymphocyte ratio (PLR), lymphocyte-to-monocyte ratio (LMR), and systemic immune-inflammation index (SII) were used to assess inflammatory status. In intact and sham groups, NLR did not differ significantly between males, whereas in PHB+PEG-implanted rats it was markedly lower, reflecting an increased lymphocyte fraction, which was further supported by an approximately twofold increase in LMR and significantly reduced PLR and SII values. Similar to males, absolute Ly counts in PHB+PEG-implanted females were significantly higher than in sham-operated and intact groups, while absolute and relative Mo, Gr, and PLT counts and WBC-based indices did not differ among female experimental groups. In both male and female rats with implanted PHB+PEG disks, hematological parameters and lymphoid organ weight indices indicate accelerated resolution of reparative inflammation, with the main feature being increased lymphocyte counts accompanied by elevated thymus weight indices. Overall, PHB+PEG disk implantation was associated with improved outcomes compared to sham-operated controls, without evidence of systemic immune deterioration. Beneficial effects were observed in both sexes, however, PLT-associated markers demonstrated sex-specific dynamics. Notably, differences in PLT counts suggest a potentially faster restoration of vascular integrity at the surgical site in implanted females.

Sulzhych I., Hubaryk V., Markiv O., Maslovska O., Komplikevych S., Hnatush S.

THE EFFECT OF STRESS-RESISTANT BACTERIA ON THE PARAMETRES OF SPRING WHEAT DURING GROWTH ON THE MEDIUM WITH COPPER(II) CHLORIDE

Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevsky St., 4, Lviv, 79005, Ukraine; e-mail: iryna.sulzhych@lnu.edu.ua

Environmental pollution with heavy metals, particularly copper compounds, is one of the most acute factors of abiotic stress for agrophytocenoses. Copper is an essential trace element, but its excess in the substrate has a toxic effect on plants: it causes oxidative stress, disrupts ion balance, and inhibits key metabolic processes. The most vulnerable stages to the effects of metals are the initial stages of ontogenesis – seed germination and the formation of the primary root system. The aim of the study was to investigate the morphometric parameters and chlorophyll content in the leaves of spring wheat seedlings inoculated with stress-resistant bacteria under the influence of copper(II) chloride.

Bacterial compositions were formed by mixing cultures of *Microbacterium sp.* EO1, *Bacillus sp*. RT1, *Pseudomonas sp.* 57, *Pseudomonas sp.* 79_102, *Paenibacillus sp*. 5A_101, *Lysinibacillus sp*. Km8, isolated from Antarctic substrates, and *Ochrobactrum sp*. K3, isolated from solid waste landfill leachate. These bacteria are resistant to heavy metal compounds, halotolerant, and exhibit several plant growth-promoting traits. The bacteria were grown in nutrient broth for 3 days at 28 ± 2°C and aeration (160 rpm). After cultivation, the bacteria were centrifuged (6000 rpm), washed with 0.9% NaCl solution, and a suspension was prepared that corresponded to the McFarland 5.0 turbidity standard. The bacterial suspensions were mixed in a ratio of 1:1:1:1:1 and used for the inoculation of Tubalt wheat seeds for 12 hours. The bacterized seeds were sown on Murashige and Skoog Medium (MSM) for plant cultivation, which contained copper(II) chloride at a concentration 10 times higher than the MPC. The controls were wheat seeds soaked in a 0.9% NaCl solution and sown on two different media, the first one without copper chloride and the second one with the corresponding concentration of $CuCl_2$. The similarity of wheat seeds was determined on the 4th and 8th days of wheat growth in accordance with DSTU 4138-2002. On the 14th day of growth, morphometric parameters (root and shoot length) and chlorophyll content in seedling leaves (photometrically after ethanol extraction) were determined.

The addition of copper(II) chloride to MSM led to a 10% decrease in wheat seed germination, a 3.1-fold decrease in root length, and a 1.8-fold decrease in shoot length. After growing bacterized wheat seeds on MSM medium with copper(II) chloride, the germination of wheat seeds and the morphometric parameters of seedlings did not differ from the control with the corresponding concentration of metal salt. However, a positive effect of the studied bacterial complexes on the pigment content in the leaves of seedlings was found. The total chlorophyll content and the content of chlorophylls *a* and *b* in the controls did not differ. In wheat leaves infected with the studied complexes, the total chlorophyll content was 8–12% higher than in the control, chlorophyll *a* content was 9–13% higher, and chlorophyll *b* content was 7–10% higher.

Thus, seed bacterization with the studied complexes did not affect the morphometric parameters of wheat in the early stages of ontogenesis, but stimulated chlorophyll synthesis in the leaves of seedlings growing on a medium with copper (II) chloride.

This study was conducted within the State Target Scientific and Technical Research Program in Antarctica for 2011–2025 and within the project "Development of an approach to restore soil fertility in soils affected by hostilities using microbial biological preparations", state registration No. 0124U000931.

Uliganets L., Maslovska O., Komplikevych S., Peretyatko T., Hnatush S.

PROPERTIES OF BACTERIA ISOLATED FROM MOSSES AND MOSS BANKS FROM MARITIME ANTARCTICA

Ivan Franko National University of Lviv,
Hrushevsky St., 4, Lviv, 79005, Ukraine; e-mail: uliganecloci@gmail.com

The Antarctic biota is influenced by various environmental factors, including low temperatures, strong winds, intense ultraviolet radiation, high salinity, etc. Together, these factors create an extreme environment for living organisms. Ice-free areas are dominated by non-vascular cryptogamic vegetation, represented by mosses, lichens, liverworts, and lycopods. Mosses are key components of Antarctic terrestrial ecosystems due to their ability to adapt to adverse conditions. They contain diverse microbial communities that provide nutrition, stress resistance, and protection against pathogens. Determining the taxonomic composition of the moss microbiome is one of the key stages in modern research on Antarctic mosses, but establishing the functional properties of moss microbiota and moss banks makes it possible to determine their ecological significance and potential for practical use.

The aim was to study the properties of bacteria from Antarctic mosses and moss banks from various islands of Maritime Antarctica. Samples of mosses and moss banks were obtained during the 28th Ukrainian Antarctic Expedition. It was studied the properties of 31 bacterial isolates from *Ceratodon purpureus* (Corner Islands), *Sanionia georgicouncinata* (Corner Islands), rock mosses *Andreaea depresinervis* (Barthelot Islands) and *Andreaea regularis* (Mount Waugh), and moss banks dominated by *Polytrichum strictum* (samples collected from Corner Islands and Barthelot Islands), *Chorisodontium aciphillum* (Corner Islands). We studied the growth of bacterial isolates under the influence of different temperatures (4, 8, 18, 28, 37, 42°C), sodium chloride (2.0; 5.0; 7.5; 10.0; 12.5; 15.0; 20.0%) and heavy metal compounds ($CuCl_2 \times 4H_2O$ (1.0–6.0 mM), $CdCl_2 \times 2.5H_2O$ (0.0002–0.5 mM), $CoCl_2 \times 6H_2O$ (0.5–5.0 mM), $MnSO_4 \times H_2O$ (1.0–20.0 mM), $FeSO_4 \times 7H_2O$ (0.5–20.0 mM), $K_2Cr_2O_7$ (0.1–10.0 mM)). The ability of bacteria to grow at different temperatures, concentrations of NaCl, or heavy metal compounds was determined using nutrient agar. Bacteria were grown for 7–10 days under the influence of different temperatures, NaCl, or heavy metal compounds.

Twenty-three bacterial isolates were mesophiles capable of growing at temperatures ranging from +4 ± 1 to +28 ± 1°C. Isolates L945, L940, L925, L961, L941, and L907 did not grow at temperatures of +4 and +8°C, but grew at +42 ± 1°C. All isolated bacteria were moderate halophiles capable of growing under the influence of 7.5% NaCl, and 19 bacterial isolates grew in the presence of 10.0% NaCl in the medium. The most resistant to NaCl was the L941 bacterial isolate, which grew under the influence of 12.5% salt.

Among the selected isolates, both resistant and sensitive to heavy metal compounds bacteria were found. Twelve bacterial isolates grew under the influence of 0.5 mM $CdCl_2 \times 2.5H_2O$, 23 bacterial isolates – 1.0 mM $K_2Cr_2O_7$, 20 bacterial isolates – 4.0 mM $CoCl_2 \times 6H_2O$, 12 bacterial isolates grew under the influence of 1.0 mM $CuCl_2 \times 4H_2O$, 15 bacterial isolates grew under the influence of 20 mM $MnSO_4 \times H_2O$, and 8 bacterial isolates grew under the influence of 7.5 mM $FeSO_4 \times 7H_2O$. Many of the isolated bacteria were resistant to the effects of several metal compounds. For example, the L935 isolate grew under the influence of 4.0 mM $CoCl_2 \times 6H_2O$, 1.0 mM $K_2Cr_2O_7$, 0.5 mM $CdCl_2 \times 2.5H_2O$, 20 mM $MnSO_4 \times H_2O$, 1.0 mM $CuCl_2 \times 4H_2O$, and 10.0 mM $FeSO_4 \times 7H_2O$. This isolate was also resistant to the effects of 10.0% NaCl.

The most sensitive to the effects of metal compounds was isolate L970, which did not grow in a medium containing more than 1.0 mM $CoCl_2 \times 6H_2O$, 0.5 mM $K_2Cr_2O_7$, 0.01 mM $CdCl_2 \times 2.5H_2O$, 1.0 mM $MnSO_4 \times H_2O$, 2.0 mM $FeSO_4 \times 7H_2O$. The L970 isolate did not grow at any of the selected concentrations of $CuCl_2 \times 4H_2O$.

This study was conducted within the framework of the State Target Scientific and Technical Research Program in Antarctica for 2011–2027.

Volkova D.[1], Romanov S.[2], Yavorska H.[1]

ISOLATION AND PROPERTIES OF *CANDIDA FAMATA* YEAST TRANSFORMANTS WITH OVEREXPRESSED *RIB3* GENE BASED ON RIBOFLAVIN OVERPRODUCER AND A STRAIN WITH DELETION THE *SEF1* REGULATORY GENE

[1]Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
[2]Institute of Cell Biology, National Academy of Sciences of Ukraine, Drahomanov St., 14/16, Lviv, 79005, Ukraine; e-mail: to.dariia.volkova@gmail.com

Riboflavin (vitamin B2) is an essential precursor of flavin mononucleotide (FMN) and flavin adenine dinucleotide (FAD), two fundamental cofactors involved in a wide range of cellular redox reactions and energy metabolism. Flavinogenic yeasts, including *Candida famata*, represent attractive objects of applied microbiology due to their capacity for riboflavin overproduction.

Genomic analysis of the riboflavin-overproducing *C. famata AF-4* strain revealed sequence variations in the *RIB3* gene, which encodes 3,4-dihydroxy-2-butanone-4-phosphate synthase, an enzyme of the riboflavin biosynthetic pathway. These observations suggested a potential contribution of *RIB3* to regulation of flavinogenic activity.

In our previous study, the effect of *RIB3* overexpression was examined in a wild-type *C. famata* background and resulted in a slight increase in flavinogenesis. To further evaluate the influence of *RIB3* on flavin synthesis, the present work extends the analysis to the riboflavin-overproducing AF-4 strain as well as to a strain with deletion of the *SEF1* regulatory gene. Recombinant strains were constructed in both the riboflavin-overproducing AF-4 background and in the *SEF1* deletion background. In each case, the strains carried an additional copy of the *RIB3* gene derived from different *C. famata* strains (AF-4, dep8, and VKM backgrounds). Transformants were selected using a nourseothricin resistance marker, and correct genomic integration was verified by PCR. Yeast strains were cultivated in Burkholder medium under different iron concentrations. In addition, flavinogenic activity was evaluated in YNB medium to assess the influence of cultivation conditions. Flavin accumulation was quantified both in the culture medium and within the cells.

Flavin accumulation per unit of biomass demonstrated that recombinant strains in both AF-4 and *SEF1* deletion backgrounds exhibited only minor variations relative to their corresponding recipient strains under iron-limited conditions. Under iron-sufficient conditions, flavin levels were consistently reduced in all tested strains (approximately 20–25%), indicating a medium-dependent rather than genotype-specific effect.

The obtained results suggest that modulation of *RIB3* expression alone does not substantially influence flavinogenic activity under the tested conditions.

This work was supported by National Research Foundation of Ukraine, grant 2023.03/0035.

Voloshyna O., Hlushach D., Batuieva E.

BIOFILM FORMATION BY *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM* UNDER CONDITIONS OF SELECTIVE IRRADIATION WITH RED AND BLUE LIGHT

V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobody Square, 4, Kharkiv, 61022, Ukraine; e-mail: voloshyna2021b115@student.karazin.ua,

Under the conditions of Ukraine, where agriculture plays a key role in the national economy, increasing the productivity of legume crops while reducing the use of mineral nitrogen fertilizers is of particular importance (Drobitko, 2025). *Rhizobium leguminosarum* is a specific symbiotic nitrogen fixator that forms legume-rhizobial symbiotic superorganism systems with some representatives of legumes – peas, lentils, vetch, fodder beans, chickpeas and clover and is widely used as a biofertilizer, as it is able to supply plants with biologically available nitrogen. The effectiveness of rhizobial inoculants largely depends on their ability to adhere to plant roots, colonize the rhizosphere, and form stable biofilms on root surfaces (Acosta-Jurado, 2021). Therefore, studies of the physiological and regulatory mechanisms controlling biofilm formation are of both fundamental and applied significance. Visible light is considered an important abiotic signal that can influence the physiological state of non-phototrophic bacteria (Cianflone, 2021). In rhizobia, several light-sensitive regulatory systems have been identified, including LOV-, BLUF-, and phytochrome-like photoreceptors, which perceive blue and red light and transmit signals to intracellular regulatory cascades (Losi, 2021).

The aim of this study was to evaluate the effect of short-term irradiation with blue (470 nm) and red (660 nm) light on growth and biofilm formation by *R. leguminosarum* strain 250 a, provided by the Institute of Agricultural Microbiology and Agro-Industrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (https://ismav.com.ua). It is a gram-negative, non-spore-forming, motile rods 0.5–2.0 μm in size, peritrichous, the culture is fast-growing, on bean agar, streaking forms an abundant, colorless, mucous film, colonies are round, mucous, whitish-gray, 0.1–0.4 cm in diameter. The strain is an obligate aerobe.

A one-day-old bacterial culture grown in liquid SEB medium to a stable cell density was used in the experiment. The culture was standardized according to optical density and inoculated into microplate wells at a concentration of 10^8 CFU per well, with the final volume adjusted to 2 ml using fresh medium. Wells with a clean medium were used as negative controls. Biofilm formation was carried out at 32°C for 72 hours in the thermostat. Three experimental variants were established: a control incubated in darkness and two experimental variants exposed to blue or red light for 15 minutes once per day over three consecutive days. Biofilm formation was assessed using the fluorescent dye acridine orange followed by fluorescence intensity measurements. Fluorescence was measured using a BioTek FL600 microplate fluorimeter (USA) with an excitation filter at 485 nm and an emission filter at 530 nm. Biofilm formation was evaluated by calculating the relative number of cells as the ratio of the fluorescence signal of the experimental variant to that of the blank control. Values below 2 relative units were considered indicative of the absence of biofilm formation.

The results demonstrated that irradiation with both blue and red light significantly stimulated biofilm formation by *R. leguminosarum* compared to the control. The highest biofilm intensity was observed under blue light exposure (16.0 relative units), while red light also increased this parameter (14.0 relative units) compared to the control (7.0 relative units). The stronger effect of blue light may be associated with the activation of blue light-sensitive photoreceptors involved in the regulation of genes responsible for biofilm matrix synthesis and cell adhesion. Overall, the findings indicate that short-term selective irradiation with blue and red light is an effective factor in stimulating biofilm formation by symbiotic nitrogen-fixing bacteria *R. leguminosarum*. This effect opens new perspectives for the application of light treatment as a tool to enhance the functional activity of rhizobial strains used in the development of bioinoculants for environmentally sustainable agriculture in Ukraine.

МОЛЕКУЛЯРНА ТА КЛІТИННА БІОЛОГІЯ
MOLECULAR AND CELL BIOLOGY

Вань С., Скрипник С.

МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ СТАРІННЯ КЛІТИН

Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016, Україна; e-mail: sofiavanihorivna@gmail.com

Van S., Skrypnyk S. MOLECULAR MECHANISMS OF CELL AGING. The study examines the integrated molecular mechanisms of biological aging, including genomic instability, telomere attrition, and epigenetic alterations. It analyzes how the failure of proteostasis, mitochondrial dysfunction, and cellular senescence contribute to systemic functional decline and age-related pathologies. Understanding these interconnected pathways provides a foundation for developing strategies to promote longevity and healthy aging.

Старіння організму є складним біологічним процесом, що проявляється поступовим зниженням функціональних можливостей клітин, тканин і органів та супроводжується зростанням ризику вікових патологій. Його пояснюють у межах генетичних, клітинно-пошкоджувальних, епігенетичних та еволюційних концепцій, які описують запрограмовані й стохастичні механізми вікових змін.

У сучасній біогеронтології виділяють взаємопов'язані молекулярні механізми старіння. Провідним є геномна нестабільність, зумовлена накопиченням ушкоджень ядерної та мітохондріальної ДНК, мутацій і хромосомних перебудов. Зниження ефективності репарації активує шляхи p53–p21 і p16INK4a–pRb та індукує клітинну сенесценцію. Оксидативне ушкодження мтДНК підвищує рівень активних форм оксигену та активує запальні механізми, зокрема cGAS–STING (Клетніекс, 2024).

Вкорочення теломерів обмежує проліферативний потенціал клітин, критична довжина ініціює зупинку клітинного циклу. Реактивація теломерази у пухлинних клітинах забезпечує їхній необмежений поділ і відображає зв'язок старіння з канцерогенезом (Шпеник, 2025). Епігенетичні зміни, включно з ремоделюванням метилювання ДНК і модифікаціями гістонів, спричиняють дерегуляцію експресії генів і втрату клітинної ідентичності. Порушення протеостазу призводить до накопичення пошкоджених білків і функціональної дисфункції клітин (Клетніекс, 2024).

Додатковими чинниками є мітохондріальна дисфункція, порушення шляхів інсулін/IGF-1 і mTOR, накопичення сенесцентних клітин, виснаження стовбурових клітин та зміни міжклітинної комунікації. Їх дерегуляція змінює енергетичний баланс, автофагію та підтримує прозапальне мікрооточення. Активація ретротранспозонів посилює геномну нестабільність, тоді як варіант SIRT6 (centSIRT6) пов'язують зі стабілізацією генома та потенційним впливом на довголіття (Клетніекс, 2024).

Ієрархія зазначених механізмів залишається дискусійною. Геномна нестабільність розглядається як один із ключових чинників старіння, однак вона формується у тісній взаємодії з мітохондріальною дисфункцією, оксидативним стресом і епігенетичними перебудовами, що свідчить про їх системну взаємозалежність. Старіння не є виключно епігенетично керованим процесом, проте епігенетичний дрейф суттєво впливає на регуляцію експресії генів і стабільність клітинного фенотипу. Метаболічні сигнальні шляхи інсулін/IGF-1 і mTOR координують процеси росту, проліферації та автофагії, а їх хронічна дерегуляція сприяє індукції клітинної сенесценції та формуванню прозапального середовища. Таким чином, жоден із механізмів не може розглядатися ізольовано, оскільки їх взаємодія формує єдину регуляторну мережу вікових змін.

Таким чином, молекулярні механізми старіння формують інтегровану мережу процесів, що зумовлюють системне функціональне зниження організму та визначають перспективи розроблення стратегій уповільнення біологічного старіння.

Луніна К., Пахаренко М., Білько Н.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ РЕКОМБІНАНТНИХ ЦИТОКІНІВ НА КОЛОНІЄУТВОРЮЮЧИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГЕМОПОЕТИЧНИХ КЛІТИН-ПОПЕРЕДНИКІВ ПРИ МІЄЛОДИСПЛАСТИЧНОМУ СИНДРОМІ *IN VITRO*

Національний університет «Києво-Могилянська академія», вул. Г. Сковороди, 2, м. Київ, 04070, Україна; e-mail: k.deichuk@lybid.kiev.ua

Lunina K., Pakharenko M., Bilko N. EVALUATION OF THE EFFECT OF RECOMBINANT CYTOKINES ON THE COLONY-FORMING POTENTIAL OF HEMATOPOIETIC PROGENITORS IN MYELODYSPLASTIC SYNDROME *IN VITRO.* This study investigates the impact of recombinant cytokines on the colony-forming potential of hematopoietic progenitor cells (HPCs) in 26 patients with myelodysplastic syndrome (MDS) in the form of refractory anemia with excess blasts type I (RAEB-I). Using an in vitro agar culture system, we demonstrated that MDS-derived HPCs exhibit a significantly higher response threshold and reduced sensitivity to GM-CSF, G-CSF, and IL-3 compared to normal cells. However, this proliferative defect can be overcome through dose escalation or cytokine combinations, suggesting that the hematopoietic clone remains responsive under high-intensity stimulation.

Життєвий цикл клітин крові в кістковому мозку інтегрований у складну мережу взаємодій з мезенхімальними, ендотеліальними та іншими стромальними елементами (Hernández-Barrientos, 2023). Ці клітини формують так звані «ніші», де через безпосередній контакт або локальну секрецію цитокінів створюються умови для проліферації та диференціювання кровотворних попередників (Hurwitz, 2020). Фактори росту детермінують долю гемопоетичних попередників через активацію мембранних рецепторів, стимулюючи їхній поділ та спеціалізацію. Згідно з моделлю поетапного розвитку, спектр цитокінів, на які здатна реагувати клітина, варіює залежно від стадії її диференціювання, що безпосередньо корелює зі зміною набору поверхневих антигенів та рецепторів (Thomas, 2004).

Тож метою було вивчення впливу рекомбінантних цитокінів на колонієутворюючий потенціал гемопоетичних клітин-попередників при мієлодиспластичному синдромі (МДС) у формі рефрактерної анемії з надлишком бластів-I (РАНБ-I).

Об’єктом дослідження слугував кістковий мозок (КМ) 26 пацієнтів із МДС у формі РАНБ-I. Верифікацію діагнозу здійснювали на основі комплексу клініко-лабораторних показників згідно з МКХ-10 (редакція 2008 р.). Мононуклеарну фракцію КМ виділяли методом центрифугування у градієнті щільності Histopaque-1077 (Sigma, США) з подальшим трикратним промиванням у фосфатно-сольовому буфері (PBS, Sigma, США). Клітини інкубували протягом 14 діб за стандартних умов (37°C, 5% CO_2, абсолютна вологість) у середовищі DMEM (Sigma, США), збагаченому 20% FBS (Sigma, США), 1% розчином антибіотиків та L-глутаміном (Gibco, США). Для оцінки колонієутворення використовували 3,3% агар (Difco, США) та стимуляцію GM-CSF, G-CSF, IL-3 (10, 20 та 40 нг/мл кожного).

Встановлено, що гемопоетичні клітини-попередники демонстрували значне пригнічення кровотворення за використання стандартних доз цитокінів (10 та 20 нг/мл), проте збільшення їхньої концентрації до 40 нг/мл істотно підвищувало значення згаданого показника. Оптимальним виявився вплив комбінації 3 ростових факторів у дозі 40 нг/мл, що підвищило колонієутворюючу здатність у півтора рази. Отже, при МДС РАНБ-I клітини-попередники демонструють підвищений поріг відповіді на цитокіни, що призводить до низької ефективності колонієутворення за стандартних умов. Здатність до проліферації при цьому зберігається і може бути активована шляхом підвищення дози або комбінування ростових факторів. Даний феномен вказує на перспективність використання результатів експериментального моделювання *in vitro* для розробки індивідуальних схем лікування.

Соломяна К., Арешков П., Анопрієнко О., Дубровіна С., Скрипкіна І.

ЩІЛЬНІСТЬ КЛІТИН ЯК ФАКТОР РЕГУЛЯЦІЇ ЕКСПРЕСІЇ мРНК ІЗОФОРМ ГЛІОМА-АСОЦІЙОВАНОГО ГЕНА *CHI3L1*

Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, вул. Академіка Заболотного, 150, м. Київ, 03143, Україна; email: k.solomiana10@gmail.com

Solomiana K., Areshkov P., Anopriienko O., Dubrovina S., Skrypkina I. CELL DENSITY AS A FACTOR REGULATING mRNA ISOFORM EXPRESSION OF THE GLIOMA-ASSOCIATED GENE *CHI3L1*. Glioblastoma is an extremely aggressive brain tumor associated with poor prognosis. Gene *CHI3L1* encodes at least two functional isoforms (full-length and 8th exons spliced variant) which may play distinct biological roles. We investigated the impact of cell density on *CHI3L1* variants expression using human glioblastoma U87-MG and U251-MG cell lines culturing. Quantitative real-time PCR revealed increased expression of both *CHI3L1* mRNA isoforms with higher cell number in a monolayer. Importantly, the balance of *CHI3L1 isoform* expression shifted toward the short delta8-transcript indicating the cell-to-cell interaction as a possible mechanism of gene functioning

Гліобластома є найпоширенішою та найбільш агресивною формою пухлин головного мозку людини (Pouyan, 2025). Хвороба характеризується вкрай несприятливим прогнозом, із середньою тривалістю життя пацієнтів близько 15 місяців після встановлення діагнозу (Khiabani, 2024). Одним із молекулярних маркерів гліобластоми є CHI3L1 (хітиназа-3-подібний білок) – багатофункціональний секреторний глікопротеїн, посилений рівень експресії якого асоційовано з підвищеною летальністю (Yu, 2024). На сьогодні підтверджено диференційну експресію двох функціональних ізоформ гена *CHI3L1,* зокрема і в гліомагенезі. Повнорозмірна ізоформа є фактором онкогенного прогресуванням пухлини через сприяння проліферації, міграції й інвазивності пухлинних клітин, тоді як сплайсований варінт, з делецією екзону 8, реалізує інгібуючий вплив (Shi, 2022). Раніше було показано, що щільності культивування клітин лінії епітелію легень людини BEAS-2B впливає на регуляцією експресії *CHI3L1* мРНК-варіантів зі зсувом балансу в бік повнорозмірної ізоформи при збільшені кількості клітин в моношарі (Jung, 2025). Водночас вплив щільності клітинної культури на експресію ізоформ *CHI3L1* на основі ліній гліоми людини досі не досліджувався.

Метою даної роботи було проаналізувати вплив щільності клітин ліній гліобластоми людини U87-MG and U251-MG на експресію ізоформ гена *CHI3L1*. Рівень експресії повнорозмірної та сплайсованої форми мРНК *CHI3L1* визначали методом кількісної ПЛР у реальному часі. Отримані результати продемонстрували зростання експресії обох варіантів зі збільшенням щільності клітин в досліджуваних лініях та зміщення балансу експресії в бік короткого транскрипту.

Таким чином, отримані результати вказують, що умови міжклітинної взаємодії, зокрема контактна взаємодія, може бути одним із механізмів реалізації функціонування гена в процесах гліомагенезу.

Робота була виконана за підтримки гранту Національного фонду досліджень України (№ 2023.03/0245).

Aliyeva N., Ibrahimli S., Jafarova S.

MOLECULAR EFFECTS OF EXCESS ZINC IONS ON THE LIPID ORGANIZATION AND PERMEABILITY OF ERYTHROCYTE MEMBRANES

Baku State University, Z. Khalilov St., 23, Baku, AZ1148, Azerbaijan;
e-mail: selcanibrahimlii@gmail.com

Zinc ions are essential trace elements involved in numerous cellular processes, including enzyme activity, antioxidant defense, and signal transduction. However, zinc concentrations exceeding the physiological range may induce cytotoxic effects, particularly at the level of biological membranes. Human erythrocytes represent a convenient experimental model for membrane studies due to their simple structure and high sensitivity to ionic imbalance.

The present study investigates the molecular effects of excess zinc ions on the lipid organization and permeability of erythrocyte membranes. Human erythrocytes were incubated *in vitro* with zinc ions at concentrations exceeding physiological levels. Changes in membrane lipid organization were evaluated using fluorescence probes sensitive to membrane fluidity, including diphenylhexatriene (DPH) and laurdan, while membrane permeability was assessed by spectrophotometric hemolysis assays. Lipid peroxidation intensity, monitored through malondialdehyde (MDA) formation, was determined as an indicator of oxidative membrane damage. Additionally, the influence of zinc ions on membrane-associated cytoskeletal proteins, such as spectrin and ankyrin, was examined using immunoblotting to evaluate potential effects on membrane mechanical stability.

The molecular mechanism of Zn^{2+} toxicity involves the interaction of divalent cations with the negatively charged polar headgroups of phospholipids, specifically phosphatidylserine and phosphatidylinositol, leading to a reduction in the free volume of the lipid bilayer. This electrostatic interaction triggers a phase transition in local lipid domains, resulting in increased membrane packing density and rigidification. Concurrently, zinc ions may displace physiologically bound divalent cations, such as Mg^{2+} and Ca^{2+}, altering membrane-associated enzyme activity and disrupting ion gradients. Such structural alterations diminish the lateral mobility of membrane proteins, interfere with lipid rafts organization, and compromise the barrier function of the cell. The results demonstrate that excess zinc ions induce significant alterations in erythrocyte membrane properties in a concentration-dependent manner. Elevated levels of hemolysis, lipid peroxidation products, and cytoskeletal destabilization indicate a profound disruption of membrane integrity and the development of oxidative stress. These findings provide molecular insight into zinc-induced membrane toxicity and are highly relevant for biomedical studies focusing on trace element homeostasis, redox balance, and cellular stability.

Kalman S.[1], Kovalevska L.[1], Sushnova A.[1], Gulkowskyi R.[2], Malysheva O.[3], Malysheva T.[3], Kashuba E.[1]

IDENTIFICATION OF CLINICALLY RELEVANT GENE VARIANTS IN BRAIN TUMOR TISSUE SAMPLES BY CANCER HOTSPOT MUTATION PANEL

[1]R. E. Kavetsky IEPOR, NAS of Ukraine; Vasylkivska St., 45, Kyiv, 03022, Ukraine;
[2]IMBG, NAS of Ukraine, Zabolotnogo St., 150, 03143, Ukraine,
[3]The State Institution A. P. Romodanov Neurosurgery Institute of NAMS of Ukraine,
Platona Mayborody St., 32, Kyiv, 04050, Ukraine; e-mail: kalmansergej12@gmail.com

Nowadays brain tumors count for approximately 3% of all malignant neoplasms and 85-90% of all primary tumors of the central nervous system. It is known that the five-year survival rate is quite low for malignant brain tumors and is about 35%. Molecular profiling would help to refine diagnosis and personalized treatment as well.

The aim of work was to investigate the clinically relevant gene variants in brain tumor tissue samples by cancer hotspot mutation panel.

In the present work we have studied the 32 surgically isolated samples of brain tumors. The samples were collected at the State Institute A.P. Romodanov Institute of Neurosurgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine (NAMNU), Kyiv. The use of tumor tissue was approved by the Ethics Committee of the State Institute A.P. Romodanov Institute of Neurosurgery of NAMNU, according to the Declaration of Helsinki.

The NGS of genomic DNAs was performed using the Ion Ampliseq Cancer Hotspot Panel v2, which covers approximately 2800 mutational hotspot regions from 50 cancer-related genes. An Ion GeneStudio S5 Plus Sequencer machine (Thermo Fisher Scientific) was used. Data were processed and analyzed through the Ion Reporter pipeline. The Franklin by Genoox (https://franklin.genoox.com) platform was used primarily for variant filtering, analysis, and identification of variants for reporting. The pathogenicity (clinical significance) of genetic mutations was evaluated according to the ACMG-AMP and Oncogenic classifications.

We have obtained the statistically significant sequencing data from 12 samples, namely - two medulloblastoma G4, three embryonal tumors Not otherwise specified (NOS) G4, three glioblastoma G4, two astrocytoma G2, one meningioma G2 and one brain metastasis of prostate cancer. In medulloblastoma we observed mutated genes, encoding CTNNB1 with Gly34Arg mutation, PIK3CA – Gly1049Arg, APC – Ala158Thr, and FGFR3 – Val672Ile. The CTNNB1 Gly34Arg mutation is located in the ubiquitination recognition motif of the protein. This mutation has been identified in medulloblastoma and is a statistically significant hotspot. *FGFR3*, encoding the receptor tyrosine kinase, is altered by mutation, chromosomal rearrangement or amplification in various cancers. In embryonal tumors NOS we detected the following mutations – GNAS – Asp229Asn, SMO – Phe403Leu, BRAF – Val600Glu, and RB1 – Met708Thr. When the BRAF protein, a kinase enzyme, has the Val672Ile mutation, it produces the overactive BRAF protein, providing cells with signals to grow and divide, leading to various cancers. SMO, a transmembrane receptor is an important component of the Hedgehog (Hh) signaling pathway. The Phe403Leu mutation causes constitutive activation of the Hh signaling pathway. The major mutations in glioblastoma were inactivating mutations of the TP53 protein – TP53 Met246Ile, TP53 Tyr125Met, TP53 Cys135Trp, and in the IDH1 protein – Arg132His, that is a characteristic of glioblastoma.

NGS is a powerful tool for development of personalized medicine, revealing the unique gene profiling of each patient. By assessment of the specific gene variants, NGS may help to facilitate the choice of anti-tumor treatment for each patient.

This work was supported by a research program of National Academy of Sciences of Ukraine "Study on molecular mechanisms of growth inhibition of embryonic tumors upon inactivation of the MRPS18-2 protein" (0123U100099).

Lomov A.[1], Skrypkina [1,2], Morozova N.[2]

IMPACT OF *DIS3L2* KNOCKOUT ON MORPHOPHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND COMPONENTS OF THE PI3K/Akt SIGNALING PATHWAY IN *DROSOPHILA MELANOGASTER*

[1]Kyiv Academic University, Akademika Vernadskoho Blvd, 36, Kyiv, 03142, Ukraine;
[2]Institute of Molecular Biology and Genetics, NASU, Akademika Zabolotnoho St., 150, Kyiv, 03680, Ukraine; e-mail: arturlomov.bio@gmail.com

Perlman syndrome is a rare autosomal recessive disorder caused by mutations in the *DIS3L2* gene and characterized by prenatal and neonatal macrosomia, organ hyperplasia, and an increased risk of Wilms tumor. The DIS3L2 protein is a 3′-5′ exoribonuclease involved in the degradation of polyuridylated RNAs and in the regulation of transcript stability. According to previous studies, loss of *DIS3L2* function is associated with impaired control of cell proliferation and alterations in components of the PI3K/Akt signaling pathway. In the *Drosophila melanogaster* model, *Dis3l2* knockout has been reported to result in increased expression of *Idgf2* (Imaginal Disc Growth Factor 2), a factor involved in tissue growth regulation (Towler, 2020).

The aim of this study was to investigate the effects of *Dis3l2* knockout on morphophysiological parameters, the expression levels of *Idgf2* and *Dis3l2*, and the levels of PI3K/Akt pathway components at different developmental stages of *Drosophila melanogaster*.

Control lines (w^{1118} and $dis3l2^{wt}$) and a mutant line $dis3l2^{12}$ (*Dis3l2* knockout) were used. Morphometric analysis of adult wing area (n = 24–27), fertility assessment, RT-qPCR analysis of mRNA levels, and Western blot analysis followed by densitometry of PI3K/Akt pathway proteins (S6K, Akt) were performed.

A significant increase in wing area (11.6–13.2%) was observed in $dis3l2^{12}$ mutants compared to control lines. In addition, homozygous mutants were infertile, indicating an essential role of *Dis3l2* in development and reproductive function. Expression analysis of *Dis3l2* (isoform A) and *Idgf2* (all isoforms) at larval, pupal, and adult stages showed a trend (n = 2) toward increased *Idgf2* mRNA levels in the mutant line compared to the w^{1118} control. In control lines, a negative correlation between *Dis3l2* and *Idgf2* transcript levels was confirmed, consistent with the role of *Dis3l2* in the post-transcriptional regulation of *Idgf2*. Analysis of total Akt and S6K protein levels, key components of the PI3K/Akt signaling pathway, revealed increased abundance in the $dis3l2^{12}$ mutant line compared to w^{1118}. These findings suggest a potential association between elevated *Idgf2* expression and levels of PI3K/Akt pathway components.

In summary, *Dis3l2* knockout in *Drosophila melanogaster* is associated with morphophysiological alterations, including increased wing area and loss of fertility in homozygous mutants, as well as changes in *Idgf2* expression and PI3K/Akt pathway protein levels. The data suggest that *Dis3l2* may contribute to the regulation of growth and proliferation through mechanisms involving post-transcriptional control and growth-related signaling pathways.

Lytvyn S., Tytorenko I., Kryachok I., Kovalevska L.

DYSREGULATION OF B-CELL DIFFERENTIATION TRANSCRIPTION FACTORS AND CD47 EXPRESSION IN CHRONIC LYMPHOCYTIC LEUKEMIA

R. E. Kavetsky Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Vasylkivska St., 45, Kyiv, 03022, Ukraine; e-mail: s.lytvyn2@gmail.com

Chronic lymphocytic leukemia (CLL) is the most common form of leukemia in adults in Western countries, characterized by the progressive accumulation of clonal $CD5^+CD19^+$ B-lymphocytes with an extended lifespan and impaired apoptosis. The incidence of CLL in Ukraine is 2.5–4.5 cases per 100,000 population per year, rising to approximately 20 cases in the age group over 60. Although the exact causes of CLL remain unknown, a key feature of its pathogenesis is the disruption of terminal differentiation of transformed B-lymphocytes. An important role in regulating this process is played by the transcription factors *IRF4, IRF8, PU.1, EBF1*, and *BLIMP1*, which govern successive stages of B-cell development. Of particular interest is CD47 – a membrane glycoprotein that transmits an inhibitory signal to macrophages and promotes the evasion of tumor cells from phagocytosis. Investigating the relationship between the transcriptional profile and CD47 expression in CLL may reveal new aspects of the disease's pathogenesis.

To investigate the expression levels of transcription factors *IRF4, IRF8, PU.1, EBF1, BLIMP1,* and *CD47* in the peripheral blood of CLL patients compared to healthy donors.

The study material consisted of peripheral blood from 20 patients with a verified diagnosis of CLL who were under treatment at the National Cancer Institute and provided informed consent for the use of their clinical data for scientific purposes. mRNA expression levels were determined by reverse transcription and real-time polymerase chain reaction. Data were calculated using the ΔΔCt method with *TBP* as the reference gene.

Significantly reduced expression was found for *EBF1* (15.5-fold) and *PU.1* (14-fold) compared to conditionally normal B-lymphocytes isolated from peripheral blood, alongside low expression of IRF family factors (*IRF4* reduced 2-fold, *IRF8* reduced 3.5-fold) and *BLIMP1* (4-fold). In contrast, *CD47* expression was markedly elevated (14.5-fold). Particularly notable among the results is the reduction in *IRF4* expression, as this factor is a key regulator of terminal B-cell differentiation and directly controls the expression of *BLIMP1* – the main driver of plasmablastic differentiation. The simultaneous downregulation of both factors indicates a block at the transition stage to the plasma cell. The concurrent reduction in expression of the antagonistic pair *IRF8* and *PU.1* points to a profound disruption of transcriptional balance at the early stages of B-cell development. Reduced *EBF1* expression further confirms the transcriptional landscape of an immature phenotype. The elevated level of *CD47*, in turn, suppresses phagocytosis of tumor cells, enabling their evasion of natural immune surveillance. The combination of suppressed differentiation with enhanced immune evasion via CD47 may represent one of the key mechanisms ensuring the long-term persistence of the tumor clone in CLL.

The downregulation of transcription factors *IRF4, IRF8, PU.1, EBF1*, and *BLIMP1* in CLL indicates a systemic disruption of the B-cell differentiation program at multiple successive stages – from early development to terminal differentiation into plasma cells. The simultaneous upregulation of *CD47* expression suggests the activation of immune evasion mechanisms, which further promotes the persistence of the tumor clone in the patient. These disruptions are likely among the key mechanisms underlying the immature phenotype of leukemic cells, their resistance to apoptosis, and their capacity for clonal expansion.

The work was supported by the grant No. 0124U003787 of the National Research Foundation of Ukraine "Activation of signaling cascades for the elimination of transformed B cells in chronic lymphocytic leukemia".

Yarovoi D., Kovalova M., Goltvjansky A.

EXCRETORY ACTIVITY OF CELLS AS ONE OF THE MECHANISMS OF ADAPTATION OF MICROALGAE CULTURES TO THE INTRODUCTION OF COPPER IONS INTO THE CULTIVATION ENVIRONMENT

V. N. Karazin National University, Kharkiv, sq. Svobody, 4, Kharkov, 61022, Ukraine; e-mail: kovalyova82@gmail.com

One of the mechanisms for maintaining homeostasis in microalgae under conditions of anthropogenic pollution of water bodies is the adaptive restructuring of their secretory system. Our laboratory has developed a strain of copper-resistant *Dunaliella viridis* microalgae culture that can grow on the culture medium with a lethal concentration of $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Therefore, the study of the excretory activity of cells using the example of the microalgae culture *D. viridis*, which has high plasticity and the ability to adapt to high concentrations of heavy metals, is of great theoretical and practical importance. The aim of this study was to investigate the excretory activity of *D. viridis* microalgae cells in response to the addition of copper sulphate to the culture medium (CM). The mother culture of microalgae was grown on standard Artari medium (CuS), and $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$ was added to the experimental culture medium at a concentration of 50 mg/l (CuS50). *D. viridis* cells were cultured at 25°C under 24-hour illumination. Spectrophotometric analysis of the culture medium was performed at wavelengths from 200 nm to 400 nm after 24 and 48 hours.

It has been shown that the optical properties of the standard Artari medium are characterised by the presence of absorption across the whole spectrum (200–400 nm), but with a peak in the range 200–249 nm. When $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$ was added to the Artari medium at a concentration of 50 mg/l, complexes were formed that exhibited optical activity, with the absorption peak recorded at λ=245–255 nm. It should be noted that in distilled water, copper ions had a different spectral profile with a maximum absorption in the range of 200–230 nm. Cultivation of microalgae cells for 48 hours on standard Aratri medium with the addition of $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (50 mg/l) led to a decrease in the amplitude of CM absorption peaks, indicating assimilation of medium components, in particular copper ions, by the cells.

A comparative analysis of absorption spectra showed that the optical density of CM in the variant with copper addition (CuS50) was higher than in the control (CuS). It is likely that in response to the toxic effects of copper ions, microalgae cells activate the secretion of specific exo-metabolites that are capable of binding free metal ions, forming stable complexes and preventing their penetration into the cell. To test this hypothesis, an experiment was conducted with the reuse of CM. The culture medium collected after 48 hours of cultivation of *D. viridis* with the addition of $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (50 mg/l) was used as a medium for a new inoculation of the mother culture (EM48). After 24 hours of cultivation on EM48, the optical density in the range λ = 245–255 nm did not change, but was higher than the value of KS after cultivation of cells with the addition of $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (CuS50). This confirms that copper ions in EM48 are in a bound (chelated) state, which prevents their penetration into cells, unlike free copper. On the fifth day of cultivation, an increase in the intensity of CM absorption was observed in all variants, which is due to the release of cell waste products. In addition, storage of EM48 for 7 days (T = 4°C) did not lead to changes in the absorption spectrum, indicating the formation of stable complexes in CM. The cell concentration on the 1st and 5th days of growth did not differ in cultures grown on standard Artari medium, on medium with the addition of $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ at a concentration of 50 mg/l, and on collected exometabolites of *D. viridis.*

Thus, the adaptation of *D. viridis* microalgae to the addition of $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (50 mg/l) is achieved through increased excretory activity and the formation of copper complexes in the CM, which ensures cell proliferation.

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН, БІОМЕДИЦИНА
HUMAN AND ANIMALS PHYSIOLOGY, BIOMEDICINE

Абрамович А., Смик О., Мазур Г., Манько В.

ВПЛИВ СУБСТРАТІВ ОКИСНЕННЯ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ АЦИНАРНИХ КЛІТИН ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПАНКРЕАТИТУ *IN VITRO*

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: Anastasiia.Abramovych@lnu.edu.ua

Abramovych A., Smyk O., Mazur H., Manko V. THE EFFECT OF OXIDATION SUBSTRATES ON THE VIABILITY OF PANCREATIC ACINAR CELLS DURING EXPERIMENTAL PANCREATITIS *IN VITRO*. The study explored dependence of the effect of different concentrations of oxidation substrates (alanine, pyruvate, galactose, lactate, glutamate and 3-hydroxybutyrate) on pancreatic acinar cells under the influence of palmitoleic fatty acid and its ethyl ester with different concentrations. Among the substrates studied, only lactate significantly increased the viability of pancreatic acinar cells during the induction of pancreatitis *in vitro*.

Панкреатит – це запальне захворювання підшлункової залози, яке характеризується неадекватною активацією травних ферментів, зокрема трипсиногену, та некрозом секреторних клітин. Однією з найпоширеніших причин виникнення цієї хвороби є зловживання алкоголем, при цьому вважається, що саме жирні кислоти та їхні неокислювальні метаболіти у вигляді етилових естерів опосередковують виникнення токсичних ефектів в ацинарних клітинах підшлункової залози. Оскільки відомо, що деякі субстрати окиснення здійснюють позитивний вплив на підшлункову залозу за нормальних умов, метою нашого дослідження було з'ясувати залежність ефекту різних концентрацій субстратів окиснення (аланіну, пірувату, галактози, лактату, глутамату і 3-гідроксибутирату) на ацинарні клітини підшлункової залози за впливу пальмітоолеїнової жирної кислоти та її етилового естеру з різними концентраціями.

У дослідженні використовували білих щурів-самців масою 250-300 г. Ізолювання панкреатичних ацинусів проводили за модифікованим методом Вільямса і співавторів. Кількість живих і мертвих клітин підраховували за допомогою камери Горяєва. Далі клітини вносили в лунки 96-лункової планшетки і додавали до них різні концентрації субстратів (піруват, аланін, глутамат, лактат, 3-гідроксибутират з концентраціями 0,5; 1; 2; 5 ммоль/л; галактоза з концентраціями 1; 2; 5; 10 ммоль/л). Для індукування гострого панкреатиту *in vitro* використовували пальмітоолеїнову кислоту та її естер у концентраціях 5; 25; 100 мкмоль/л та 5; 25; 100; 500 мкмоль/л відповідно. Цілісність плазматичної мембрани клітин після впливу індукторів панкреатиту визначали за допомогою барвника пропідій йодиду, флуоресценцію якого аналізували зчитувачем мікропланшетів Tecan Infinite M200 Pro.

Було встановлено, що серед усіх досліджуваних субстратів лише лактат суттєво підвищував життєздатність ацинарних клітин за дії пальмітоолеїнової кислоти та її естеру, порівняно з контролем. Всі концентрації аланіну і пірувату здійснювали слабкий позитивний ефект на ацинарні клітини за дії цих індукторів. Глутамат і 3-гідроксибутират не впливали на підвищення життєздатності ацинарних клітин підшлункової залози за інкубації з пальмітоолеїновою кислотою та її естером, тоді як галактоза спричиняла негативний вплив на ці клітини за цих умов.

Отже, присутність лактату як додаткового субстрату окиснення може бути корисним для підтримання життєздатності ацинарних клітин підшлункової залози за індукування експериментального панкреатиту *in vitro*. Отримані результати свідчать про перспективи використання лактату для розробки потенційної стратегії терапії панкреатиту.

Бобрик Н., Кривцова М., Яльч Н., Бушко К.

МОНІТОРИНГ ІМТ ТА РІВНЯ ГЛЮКОЗИ ЯК МАРКЕРІВ МЕТАБОЛІЧНОГО ЗДОРОВ'Я СТУДЕНТСЬКОЇ МОЛОДІ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», пл. Народна, 3, м. Ужгород, 88000, Україна; e-mail: nikolietta.yalch@student.uzhnu.edu.ua

Bobryk N., Kryvtsova M., Yalch N., Bushko K. MONITORING OF BMI AND GLUCOSE AS MARKERS OF METABOLIC HEALTH IN STUDENTS. The study analyzed the relationship between body mass index (BMI) and blood glucose levels in 30 female students. It was found that 70% of the participants had a normal weight and normal glucose levels, while 10% exhibited excess body weight and glycemia levels up to 6.5 mmol/L. A statistically significant moderate positive correlation was established between the indicators ($r = 0.39$, $p < 0.05$). The results confirm that BMI is a significant marker of carbohydrate metabolism even in clinically healthy young individuals.

Особливо актуальним в оцінці загального стану здоров'я є визначення біомаркерів захворювань, які дозволяють своєчасно виявляти порушення обміну речовин та оцінювати ризик розвитку метаболічних розладів. З огляду на це, актуальним є вивчення взаємозв'язку між антропометричними даними, зокрема індексом маси тіла (ІМТ), та показниками вуглеводного обміну. Порушення маси тіла у молодому віці часто є предиктором метаболічного синдрому, розвитку інсулінорезистентності та цукрового діабету 2-го типу в майбутньому (Моісеєнко, 2018; Strashok, 2021). Актуальність моніторингу метаболічних показників у студентів медичних вишів зумовлена специфікою їхнього способу життя (Grundy, 2004). Особливе занепокоєння викликає тенденція до «омолодження» метаболічного синдрому: якщо у віці понад 50 років його поширеність сягає 60%, то серед молоді старше 20 років цей показник уже становить 14–24% (Гудзевич, 2011; Васильєва, 2017). Незважаючи на значну кількість праць у цьому напрямі, питання кореляції глікемії та ІМТ у клінічно здорових студентів залишається недостатньо висвітленим, що зумовило мету нашого дослідження.

Обстежено 30 студентів жіночої статі 2-ого курсу стоматологічного факультету. Вік студенток – 18–20 років. Визначення рівня глюкози проводили експрес-методом за допомогою глюкометра GluNeo Lite (Osang Healthcare), розрахунок ІМТ – за формулою Кетле. За норму вважали концентрацію глюкози у міжнародних одиницях – 3,3-5,5 ммоль/л. Статистична обробка проводилася з використанням кореляційного аналізу Пірсона.

У ході дослідження було проаналізовано показники вуглеводного обміну та антропометричні дані студентів. Вимірювання глюкози проводилось у межах практичних робіт дисципліни «Лабораторна діагностика». Рівень глюкози у капілярній крові обстежених коливався у діапазоні 4,4–6,5 ммоль/л. Середні значення показників перебували у межах фізіологічної норми, проте наявність верхньої межі у 6,5 ммоль/л у деяких осіб може свідчити про стан прediабету або бути наслідком аліментарних чинників (харчування напередодні) та стресового фактору, характерного для студентів медичних спеціальностей. Більшість студенток (70%) мали нормальні показники ІМТ (18,5–24,9 кг/м²), що свідчить про задовільний стан фізичного розвитку. Водночас дефіцит маси тіла (ІМТ < 18,5 кг/м²) було виявлено у 20% опитаних, що може бути пов'язано з особливостями раціону або конституційними чинниками. Надлишкова маса тіла (ІМТ > 25 кг/м²) зафіксована у 10% студенток. Кореляційний аналіз між показниками маси тіла та рівнем глюкози показав наявність достовірного помірного прямого зв'язку ($r = 0,39$, $p < 0,05$). Достовірна залежність рівня глюкози у крові та надлишкової маси тіла виявлена також у працях інших авторів (Kim, 2012; Васильєва, 2020; Секрет та ін., 2024).

Встановлено статистично значущий помірний позитивний кореляційний зв'язок між ІМТ та рівнем глікемії. Це дозволяє стверджувати, що маса тіла є одним із факторів, які визначають рівень цукру в крові навіть у клінічно здорових молодих осіб. Отримані результати підкреслюють важливість моніторингу маси тіла як методу первинної профілактики порушень вуглеводного обміну серед студентської молоді.

Веклич З., Пазюк Л.

ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ СТАТЕВОЇ АБСТИНЕНЦІЇ НА ЯКІСТЬ СПЕРМИ: ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ І МОРФОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Кафедра цитології, гістології та репродуктивної біології, ННЦ «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна; e-mail: zoryanaveklych@gmail.com

Veklych Z., Paziuk L. EFFECT OF EJACULATORY ABSTINENCE DURATION ON SEMEN QUALITY: ASSESSMENT OF FUNCTIONAL AND MORPHOLOGICAL PARAMETERS. Semen quality is influenced by ejaculatory abstinence duration, affecting both quantitative and functional sperm parameters. We analyzed 52 spermograms (men aged 19–54) grouped by abstinence: 1–2 days (n = 11), 3–4 days (n = 27), and 5–8 days (n = 14). Total sperm count in ejaculate increased with abstinence, peaking at 3–4 and 5–8 days. The highest progressive motility (A+B) was observed at 1–2 days, while longer abstinence showed a higher proportion of immotile sperm. Overall, 3–4 days appeared to provide the most balanced profile for clinical assessment.

Проблема безпліддя є надзвичайно актуальною у сучасному світі, що робить дослідження факторів, які впливають на якість сперми, надзвичайно важливим для репродуктивної медицини. Якість сперми є одним із ключових чинників чоловічої фертильності та успішності програм ДРТ. Одним із найпростіших, але часто недооцінених модифікованих факторів перед здачею еякуляту є тривалість статевої абстиненції, яка здатна змінювати як кількісні, так і якісні характеристики сперматозоїдів. У клінічній практиці рекомендований інтервал утримання перед спермограмою становить у середньому 2–5 діб (WHO, 2021), однак у пацієнтів із різними формами субфертильності оптимальні значення можуть відрізнятися (Levitas, 2005; De Jonge, 2004). Метою дослідження було оцінити вплив тривалості статевої абстиненції на функціональні та морфологічні параметри сперми у чоловіків репродуктивного віку.

Дослідження проведено на базі лабораторії медичного центру ТОВ «Інститут генетики репродукції». Проаналізовано 52 спермограми чоловіків віком 19–54 років (середній вік 38,6 ± 7,7). Тривалість утримання коливалась від 1 до 10 діб (у середньому 4,1 ± 2,1). Пацієнтів розподілено на групи: 1–2 доби (n = 11), 3–4 доби (n = 27), 5–8 діб (n = 14). Оцінювали концентрацію сперматозоїдів у всьому еякуляті, рухливість (категорії A–D) та морфологію відповідно до WHO (2021). Оцінку концентрації та рухливості здійснювали в камері Маклера; статистичну обробку проводили t-критерієм Стьюдента, значущими вважали відмінності при $p < 0,05$.

Встановлено, що збільшення тривалості абстиненції асоціювалось із підвищенням концентрації сперматозоїдів у всьому еякуляті: 6,26 ± 6,98 млн (1–2 доби) проти 15,54 ± 5,39 млн (3–4 доби; $p \leq 0,05$) та 16,38 млн (5–8 діб). Водночас найвищу частку активнорухливих сперматозоїдів (A+B) зафіксовано при короткій абстиненції 1–2 доби (36,7%), тоді як при 3–4 добах та 5–8 добах цей показник становив 27,5% і 28,6% відповідно, із тенденцією до зростання частки нерухомих форм при довшому утриманні (до 60,9% у групі 5–8 діб). Щодо морфологічних ознак, то відбувалось поступове збільшення частки нормальних форм: 28,36 ± 15,72% (1–2 доби), 30,67 ± 12,40% (3–4 доби) та 32,57 ± 5,39% (5–8 діб; $p \leq 0,05$).

Отже, тривалість статевої абстиненції має статистично та клінічно значущий вплив на показники еякуляту. У межах дослідження найбільш збалансованими щодо концентрації, морфологічних характеристик та прийнятної рухливості є 3–4 доби утримання, тоді як 1–2 доби можуть бути доцільними при акценті на рухливості, а 5–8 діб асоціюються зі зростанням частки нерухомих форм і потребують обережної інтерпретації результатів.

Дмитренко Т., Лучицький В., Демянчук Н.

ВПЛИВ РАДІОЙОДТЕРАПІЇ НА РІВНІ ГІПОФІЗАРНИХ ГОРМОНІВ ТА АНТИСПЕРМАЛЬНИХ АНТИТІЛ У ЧОЛОВІКІВ

ННЦ «Інститут біології та медицини» Київський національний університет імені Тараса Шевченка, просп. Академіка Глушкова, 2, м. Київ, 02000, Україна; e-mail:dmytrenkotania5@gmail.com

Dmytrenko T., Luchytskyi V., Demianchuk N. THE INFLUENCE OF RADIOIODINE THERAPY ON THE LEVEL OF PITUITARY HORMONES AND ANTISPERMAL ANTIBODIES IN MEN. Using radioiodine therapy is one of the factors that reduce reproductive capacity in men with thyroid cancer undergoing combined treatment, which involves violating the functional state of the pituitary-gonadal system. Male fertility is greatly affected by the normal functioning of the spermatogenesis process, which is highly sensitive to the effects of ionizing radiation.

Порушення функціонального стану гіпофізарно-гонадної системи є одним із чинників зниження репродуктивної здатності у чоловіків із раком щитоподібної залози, які проходять комбіноване лікування з використанням радіойодтерапії. Чоловіча фертильність значною мірою залежить від нормального функціонування процесу сперматогенезу, який є чутливим до впливу іонізуючого випромінювання (Лучицький, 2014; Ceccarelli, 2008).

Метою дослідження було оцінити рівні гіпофізарних гормонів та антиспермальних антитіл у чоловіків з раком щитоподібної залози на різних етапах лікування. Визначали концентрації лютеїнізувального та фолікулостимулювального гормонів, а також рівень антиспермальних антитіл як можливого імунологічного чинника порушення фертильності.

Встановлено, що середні рівні лютеїнізувального та фолікулостимулювального гормонів у чоловіків до оперативного лікування вірогідно не відрізнялися від показників контрольної групи. Після тиреоїдектомії спостерігалася тенденція до зниження гонадотропної активності, більш виражена щодо лютеїнізувального гормону. Після проведення першого курсу радіойодтерапії середній рівень фолікулостимулювального гормону був вірогідно підвищений порівняно з контролем, тоді як рівень лютеїнізувального гормону не мав суттєвих відхилень.

Аналіз рівня антиспермальних антитіл показав відсутність вірогідних змін у неоперованих та прооперованих пацієнтів порівняно з контрольною групою. Водночас після курсу радіойодтерапії відзначалося достовірне підвищення концентрації антиспермальних антитіл, що може свідчити про залучення імунологічних механізмів до формування репродуктивних порушень (WHO, 2021; Лучицький, 2016).

Результати проведеного дослідження свідчать про можливість виникнення порушення функціонального стану гіпофізарно-статевої системи у частини чоловіків, хворих на рак щитоподібної залози та розвиток у них синдрому абсолютного та відносного андрогенодефіциту. Зміни статевої функції, які при цьому спостерігаються у чоловіків, аналогічні таким за субклінічних форм андрогенодефіциту і переважно стосуються порушень психічної складової копулятивного циклу (Hernandez, 2020).

Дубина С., Пазюк Л.

ВПЛИВ ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ КЛІТИННОЇ МАСИ БЛАСТОЦИСТИ НА ЧАСТОТУ НАСТАННЯ КЛІНІЧНОЇ ВАГІТНОСТІ

Кафедра цитології, гістології та репродуктивної біології, ННЦ «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна; e-mail:sofiadubina2@gmail.com

Dubyna S., Paziuk L. IMPACT OF THE SPATIAL POSITION OF THE INNER CELL MASS OF THE BLASTOCYST ON CLINICAL PREGNANCY RATES. This study evaluated the impact of inner cell mass (ICM) position in blastocysts on clinical pregnancy rates in assisted reproductive technology cycles. A total of 224 patients treated in 2024 were analyzed and divided into three groups according to ICM location at embryo transfer. The highest clinical pregnancy rate was observed when the ICM remained inside the blastocyst (58%), compared to partial hatching (36.4%) and complete extrusion (25%). These results indicate that ICM position may serve as a prognostic marker of implantation potential and clinical outcome.

Якість статевих клітин є запорукою майбутнього здоров'я потомства. На сьогодні відома значна кількість причин, через які ембріони не імплантуються в ендометрій. Для успішної імплантації ембріона важливим є просторове положення його внутрішньої клітинної маси (ВКМ), яка відіграє ключову роль у подальшому розвитку ембріона.

У традиційних морфологічних системах оцінювання бластоцист (наприклад, за Gardner) враховують не лише ступінь експансії бластоцелі, а й якість внутрішньої клітинної маси (ВКМ), яку оцінюють за щільністю та організацією клітин (Pande, 2025). Дослідження показали, що якість ВКМ корелює з частотою імплантації, клінічної вагітності та живонародження і пов'язана зі зниженням ризику невдач у I триместрі (Sivanantham, 2022). Крім того, морфологічні характеристики ВКМ тісно пов'язані з імплантаційним потенціалом бластоцист незалежно від якості трофектодерми (ТЕ) (Ai, 2021).

Метою даного дослідження було оцінити вплив просторового положення внутрішньої клітинної маси бластоцисти на частоту настання клінічної вагітності.

Дослідження проводилось на базі ембріологічної лабораторії медичного центру «Міні ЕКЗ Центр». Було проаналізовано бластоцисти 224 пацієнтів різного віку, які проходили лікування від безпліддя протягом 2024 року. Пацієнти були розподілені на 3 групи, залежно від положення внутрішньої клітинної маси бластоцисти на момент ембріотрансферу.

Для цього дослідження ембріони культивували у середовищі Global Total (LifeGlobal) та інкубували протягом 5–6 діб. Оцінювали позицію ВКМ, частоту настання клінічної вагітності. Для статистичного аналізу застосовували t-критерій Стьюдента з поправкою Йетса; статистично значущими вважали відмінності при $p < 0,05$.

На основі результатів виявлено статистично значущу різницю у частоті клінічної вагітності залежно від положення ВКМ. У групі, де ВКМ залишалася всередині бластоцисти, частота настання клінічної вагітності становила 58% ($p = 0,02$). У групі з ВКМ у зоні хетчингу цей показник знижувався до 36,4%. Найнижчі результати зафіксовані за повного виходу ВКМ за межі бластоцисти – 25% клінічних вагітностей.

Отримані дані свідчать, що ембріони з ВКМ, розташованою всередині бластоцисти на момент ембріотрансферу, мають вищий потенціал імплантації та кращі показники клінічної вагітності. Натомість зовнішня ВКМ асоціюється зі зниженням успішності. Також встановлено, що поява ВКМ у зоні або поряд із ділянкою виконання асистованого хетчингу може бути пов'язана з передчасним виходом клітин і погіршенням клінічних результатів.

Отже, позиція ВКМ на етапі ембріотрансферу є потенційно важливим прогностичним маркером імплантаційного потенціалу ембріона.

Іванова І., Шарапова О.

НЕЙРОПЛАСТИЧНЕ ВІДНОВЛЕННЯ ХОДИ: ПРОПРІОЦЕПТИВНЕ ТРЕНУВАННЯ ПРИ СЕНСОРНІЙ АТАКСІЇ

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Науки, 72, м. Дніпро, 49045, Україна; e-mail: esharapova@ukr.net

Ivanova I., Sharapova O. NEUROPLASTIC GAIT UPGRADE: PROPRIOCEPTIVE TRAINING FOR SENSORY ATAXIA. Sensory ataxia results from impaired sensorimotor integration, causing gait instability and high fall risk. Proprioceptive training promotes neuroplasticity and sensory relearning, improving gait control. Use of unstable platforms with vibrotactile and auditory feedback enhances movement accuracy, reduces muscle overactivity, and lowers fall risk. These results support its inclusion as a core component of neurorehabilitation for sensory ataxia.

Сучасний погляд на проблему сенсорної атаксії виходить за межі простого фізичного дефіциту, розглядаючи цей стан як глибокий «інформаційний голод» ЦНС. В основі патології лежить розрив фундаментального сенсомоторного контуру: мозок надсилає команду на рух, але не отримує адекватного звіту від периферичних рецепторів про його виконання. При неврологічних захворюваннях, від діабетичних полінейропатій до розсіяного склерозу, проявляється це специфічною «штампуючою» ходою, де пацієнт намагається компенсувати відсутність відчуття стопи силою удару об землю. Такий стан призводить до формування «візуальної залежності», коли будь-яке зниження освітленості або необхідність відвести погляд від дороги провокує миттєву втрату рівноваги та значно підвищує ризик падіння. Традиційні методи в реабілітації часто не дають бажаного результату, оскільки не усувають дефіцит глибокої чутливості. Саме тому пропріоцептивне тренування стає фундаментом сучасної реабілітації, виступаючи інструментом нейропластичної перебудови мозку через стимуляцію нейропластичності тім'яної кори.

Головна мета такого втручання – це змусити мозок побудувати «обхідні маршрути» для передачі сигналів. Використання технологічних інновацій, таких як багатоосьові платформи, вібротактильний та акустичний зворотний зв'язок, дозволяє створити систему зовнішньої пропріоцепції. Мікровібратори та соніфікація руху допомагають пацієнту «чути» та відчувати свої ноги в обхід пошкоджених нервів, що скорочує час реакції на втрату рівноваги з 400 мс до безпечних 150 мс. Це фактично замінює пошкоджений нерв цифровим дублером, дозволяючи мозку швидше реагувати на нерівності поверхні.

Клінічні дані підтверджують, що такий підхід дозволяє покращити швидкість ходи та мобільність на 22–28%, водночас знижуючи ризик падінь майже вдвічі. Важливо, що такі втручання зменшують захисне напруження м'язів гомілки, яке раніше виникало через постійний страх втратити опору.

Фінальним аргументом на користь інтеграції пропріоцептивних методів є їхня прогностична стійкість. На відміну від симптоматичної терапії, результати інтенсивного 12-тижневого циклу перенавчання мають довготривалий характер. Оскільки мозок фізично змінює свою структуру та способи обробки даних, набуті навички стабільності зберігаються на 80% навіть через пів року після завершення активної фази занять.

Отже, все це робить пропріоцептивне тренування не просто допоміжним методом, а обов'язковим фундаментом нейрореабілітації, що повертає пацієнту не лише здатність ходити, а й впевненість у власному тілі та можливість повернутися до активного повсякденного, а головне, функціонально незалежного життя.

Ковальська М., Іскра Р.

ФІЗІОЛОГІЧНІ ЗМІНИ У ТРАВНІЙ СИСТЕМІ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ ЗА УМОВ ЗНИЖЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: marta120204@ukr.net

Kovalska M., Iskra R. PHYSIOLOGICAL CHANGES IN THE DIGESTIVE SYSTEM OF HONEY BEES UNDER CONDITIONS OF REDUCED TEMPERATURE. The study is devoted to assessing the effect of reduced temperature (32°C) during brood incubation on the morphofunctional state of the pharyngeal gland of honey bees as a key element of their trophic system. After leaving the cells, individuals incubated at 32°C were returned to the colony and every three days were selected for histological and morphometric measurements of acini; Morphometry showed a decrease in acini width by 8.4% and area by 10.2% compared to the control. The obtained data indicate that the temperature factor within the vital range critically affects the postembryonic morphogenesis of salivary glands.

Знижена температура до рівня 32°С є одним із ключових стресових чинників, що впливають на розвиток та функціонування травної системи медоносних бджіл у різні періоди їхнього онтогенезу (Wang, 2016; Zhu, 2018). Розуміння цих механізмів дозволить оптимізувати умови утримання сімей пов'язане з недорозвиненням травної системи в критичні періоди розвитку (Cook, 2021). Метою роботи було встановлення розвитку та функціонального стану глоткової залози як ключового елементу трофічної системи бджоли за умов зниженої температури.

Для виконання поставленої мети було проведено інкубацію розплоду бджіл в термостаті за температури 32°С. Вплив вітального діапазону температури на зміни фізіологічного стану глоткової залози з'ясовували гістологічними та морфометричними методами. Після виходу бджіл із комірок їх виймали з термостату і, як контрольних особин, мітили маркером та поміщали в гніздо бджолиної сім'ї. Для цього через кожні три доби проводили відбір позначених маркером бджіл у кількості 20 шт. За допомогою скальпеля зрізали шар панциру, щоб було видно глоткову залозу. Її відпрепаровували і розміщували на предметному склі в краплі дистильованої води. Огляд залоз проводили при збільшенні у 42, 49, 140 разів. Для проведення гістологічних і морфометричних досліджень матеріал фіксували у фіксаторі Буена (24 год). Зафіксовані зразки заливали у парафін. Відповідно до класичних методів із парафінових блоків виготовляли зрізи завтовшки 5−7 мкм. Оглядові гістопрепарати фарбували гематоксиліном та еозином. Морфометрично проводили вимірювання довжини, ширини та площі.

Гістологічні дослідження показали, що кількість секреторних клітин у ацинусах залози коливалась у межах від шести до восьми. Середня довжина секреторних клітин становила 74,8 мкм, ширина – 45,3 мкм, площа – 2,8 тис. мкм^2. Переважну площу клітин займали везикули, які були наповнені маточним молочком. Відхилення температурного режиму у період інкубації розплоду мало негативний вплив на ріст ацинусів. Зокрема, у дослідній групі ширина ацинусів була на 8,4%, а площа – на 10,2% нижчою порівняно з контрольною групою. Такі відхилення можна пояснити тим, що в період формування слинних залоз у постембріональний період температурний фактор є визначальним, особливо на стадії лялечки.

Таким чином знижена температура в межах вітального діапазону у період інкубації розплоду чинить негативний вплив на розвиток глоткової залози медоносних бджіл, спричиняючи морфофункціональні порушення її ацинусів і зниження секреторного потенціалу.

Кучменко М., Лучицький В., Калмикова О.

АНАЛІЗ ФЕРТИЛЬНОСТІ У ЧОЛОВІКІВ ВПРОДОВЖ 1 РОКУ ПІСЛЯ ТИРЕОЇДЕКТОМІЇ ТА РАДІОЙОДТЕРАПІЇ З ПРИВОДУ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО РАКУ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ

ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, проспект Академіка Глушкова, 2, м. Київ, 02000, Україна; e-mail: mariakuchmenko04@gmail.com

Kuchmenko M., Luchytskyi V., Kalmykova O. FERTILITY ANALYSIS IN MEN 1 YEAR AFTER THYROIDECTOMY AND RADIOIODINE THERAPY FOR DIFFERENTIATED THYROID CANCER. This study evaluates the impact of combined treatment for radioinduced thyroid cancer, including thyroidectomy and radioiodine therapy (RIT), on the reproductive health of 26 men aged 18–45. The results revealed a significant decrease in sperm motility, presence of leukospermia, and increased DNA fragmentation in both the short and long term after treatment. The findings highlight the necessity of monitoring the reproductive function of male patients undergoing RIT due to its gonadotoxic effects.

Якщо до техногенної аварії на ЧАЕС частота захворювань на рак щитоподібної залози (РЩЗ) складала від 1 до 3% від усіх онкологічних захворювань, то через 4 роки після катастрофи частота захворювань на РЩЗ у дітей та підлітків України виросла в 4,8 рази, а в наступні роки перевищила доаварійні показники в 10 разів (Bogdanova, Zurnadzhy, 2015). Радіоіндукований РЩЗ відрізняється високою агресивністю, багатофокусністю і частим метастазуванням у лімфатичні вузли шиї та легені (David, Schneider, 2013); за радикального лікування (тиреоїдектомія та радіойодтерапія (РЙТ) має сприятливий прогноз: 5-річна виживаність – майже 100% (Солодянникова, Джужа, 2011). Це зумовлює необхідність вивчення віддалених наслідків лікування для репродуктивного здоров'я пацієнтів.

Відомо, що за ступенем радіочутливості яєчка знаходяться на другому місці після органів кровотворення (Hyer, Vini, 2002). Під час РЙТ яєчка отримують опромінення з боку вільних та йодованих білків, які циркулюють у крові, а також з I-131, який виводиться зі сечею (Pacini, Gasperi, 2014).

Метою цього дослідження було проаналізувати показники спермограм та статевих гормонів у чоловіків впродовж першого року після РЙТ для лікування РЩЗ. Обстежено 26 чоловіків з РЩЗ, лікованих у відділенні радіології ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин імені В. П. Комісаренка НАМН України» віком від 18 до 45 років у різні терміни після комбінованого лікування (тиреоїдектомія та 2 курси РЙТ). Після першого курсу РЙТ загальна доза становила від 3,57 до 4,80 ГБк, при двох курсах РЙТ – від 6,0 до 14,31 ГБк. Контрольну групу склали 20 здорових чоловіків віком від 20 до 45 років.

Під час дослідження морфофункціональних показників сперми в обстежених пацієнтів із РЩЗ виявили зниження рухливості сперматозоїдів та лейкоспермію, спостерігали вірогідне підвищення відсотка дефрагментації ДНК сперматозоїдів у найближчі та віддалені терміни після лікування. Показники статевих та гонадотропних гормонів свідчили про транзиторне зниження вмісту загального тестостерону через 6 місяців після РЙТ. Середні рівні естрадіолу були вірогідно підвищені, що могло призводити до розвитку відносного дефіциту тестостерону. Крім того, впродовж всього періоду спостереження була тенденція до зниження секреції ЛГ та вірогідне підвищення секреції ФСГ через 4–6 місяців після РЙТ, яка нормалізувалась у період 11–12 міс. після РЙТ.

Отже, після комбінованого лікування РЩЗ у чоловіків після 2 і більше курсів РЙТ впродовж першого року знижується відсоток живих форм, підвищується кількість фрагментації ДНК сперматозоїдів порівняно з показниками до лікування та нормативами ВООЗ, та спостерігається транзиторне порушення секреції статевих гормонів.

Михайленко О.[1], Легедза О.[2], Семенюк Н.[2], Заводовський Д.[2]

ЗАХИСНИЙ ВПЛИВ НОВОГО ПОХІДНОГО ХІНАЗОЛІНОНУ НА СКОРОЧУВАЛЬНУ ФУНКЦІЮ ІШЕМІЗОВАНОГО М'ЯЗА

[1]Навчально-науковий інститут високих технологій, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, просп. Академіка Глушкова, 4 Г, Київ, 03022, Україна, [2]Відділ фізіології рухів, Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, вул. Академіка Богомольця, 4, Київ, 01024, Україна; e-mail: semeniuk@biph.kiev.ua

Mykhailenko O., Lehedza O., Semenuk N., Zavodovskyi D. TENSOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE PROTECTIVE EFFECT OF A NOVEL QUINAZOLINONE DERIVATIVE ON ISCHEMIC MUSCLE CONTRACTION. A novel quinazolinone derivative significantly protected skeletal muscle contractile function following 3-hour ischemic injury in rats. Pretreatment reduced fatigue rate 6-10-fold and preserved work capacity near control levels. The compound counteracted ischemia-reperfusion injury through antioxidant and anti-inflammatory mechanisms, though impaired relaxation indicated partial energy-dependent dysfunction.

Ішемічно-реперфузійне пошкодження скелетних м'язів є серйозною клінічною проблемою, що призводить до значних функціональних порушень. Похідні хіназолінону з їх антиоксидантними та протизапальними властивостями є перспективними кандидатами для захисту від такого пошкодження (Kumar, 2022).

Мета дослідження – вивчити ефективність нового похідного хіназолінону у збереженні скорочувальної функції м'язів після 3-годинної ішемії на моделі щурів Wistar. Експериментальна група отримувала внутрішньом'язову ін'єкцію сполуки (10 мг/кг) за 30 хвилин до ішемії стегнової артерії. Функціональну здатність литкового м'яза оцінювали тензометрично під час повторюваної високочастотної електричної стимуляції.

Тригодинна ішемія спричинила катастрофічне зниження амплітуди скорочення (> 92%) та загальної роботи (82,4%). Попереднє введення досліджуваної сполуки знизило швидкість розвитку втоми в 6–10 разів. М'язи експериментальної групи зберігали здатність скорочуватися протягом усіх трьох інтервалів стимуляції, на відміну від ішемічної групи. Загальне зниження продуктивності становило лише –21,1% проти –19,4% у контролі. Однак спостерігалося порушення здатності до повної релаксації.

Збереження механокінетичних характеристик вказує на ефективну протидію ключовим патологічним подіям ішемічно-реперфузійного пошкодження через антиоксидантні та протизапальні механізми. Порушена релаксація свідчить про часткову захисну дію з залишковим дефіцитом енергозалежних процесів. Досліджуване похідне хіназолінону є перспективним терапевтичним кандидатом для захисту м'язової функції при ішемічному пошкодженні.

Пехів Б.

МОРФОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ ЩУРІВ ЗА ВИПОЮВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЧНОГО КУПРУМУ ЦИТРАТУ

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, вул. Михайла Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівська обл., 81115, Україна; e-mail: bogdan_spider@ukr.net

Pechiv B. V. MORPHOLOGICAL INDICATORS OF RAT BLOOD AFTER DRINKING NANOTECHNOLOGICAL COPPER CITRATE. The article presents the results of experimental studies of the effect of various doses of Cu citrate (10, 20, and 40 μg), obtained by nanotechnology, on the hematological profile of male rats. It was found that the use of nano-Cu citrate in drinking water at doses of 10 and 20 μg Cu/kg m is characterized by a decrease in the number of erythrocytes in the blood of males in the experimental groups, and platelets – only under the action of 20 μg Cu, with an increase in monocytes in animals in this group compared to the control.

Відомо, що використання органічних сполук мікроелементів, таких як Cr, Se, Ge, Zn, Cu, показало високий позитивний вплив на метаболізм у щурів, стимулюючи ферментативну активність, посилюючи антиоксидантний захист та оптимізуючи перебіг біохімічних реакцій. Купрум є одним із ключових мікроелементів, необхідних для нормального функціонування організму тварин, входить до складу ферментів, що забезпечують перебіг окисно-відновних реакцій, впливає на синтез гемоглобіну та формування еритроцитів, а також бере участь у підтриманні антиоксидантного захисту. Окрім того, він впливає на імунну систему, сприяючи підвищенню захисних функцій організму, а також бере участь у регуляції ферментативної активності, що визначає ефективність метаболізму. Таким чином, дослідження впливу купруму на організм лабораторних тварин, адаптаційні можливості та загальну продуктивність організму є актуальним.

Дослідження проведені на 4 групах білих лабораторних щурів, по 5 тварин у кожній. Тварини контрольної (I) групи отримували стандартний раціон зі згодовуванням гранульованого комбікорму впродовж усього періоду досліду з вільним доступом до води. Тваринам дослідних груп у період вирощування випоювали з водою нано-Cu цитрат (НCuЦ) з розрахунку 10 мкг Cu/кг маси тіла (II група), 20 мкг Cu/кг маси тіла (III група), 40 мкг Cu/кг маси тіла (IV група). Водний розчин цитрату Cu, виготовлений методом нанотехнології, одержано від ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології», м. Київ. Тварин дослідних і контрольної груп утримували у віварії, що відповідає чинним ветеринарно-санітарним вимогам і зоотехнічним нормам годівлі та напування. На 30 добу випоювання цитрату Cu щурів піддавали евтаназії з використанням CO_2 для знерухомлення, з дотриманням біоетичних норм, брали кров із шлуночків серця для лабораторних досліджень. У крові визначали кількість еритроцитів, лейкоцитів та їх форм, тромбоцитів, гематокрит, вміст гемоглобіну з використанням гематологічного аналізатора “Mythicvet 18” (Швейцарія). Статистичний аналіз одержаних цифрових даних проводили за допомогою програми Statystika для Windows XP.

Застосування різних доз Cu цитрату зумовлювало неоднаково виражений його вплив на гематологічні показники організму щурів. Зокрема, у крові тварин II групи, яким випоювали 20 мкг Cu/кг маси тіла, зменшувалася кількість тромбоцитів на тлі зростання моноцитів. Проте за дії вищої дози цей показник залишався на рівні контрольної групи. Аналогічна тенденція відзначена для вмісту гемоглобіну у тварин дослідних груп порівняно до контролю. Вірогідне підвищення кількості еритроцитів, що зумовлювало зростання гематокриту, може мати важливе фізіологічне значення для функціонування організму щурів. Дослідження впливу різних доз купруму на організм щурів показують, що цей елемент здатний змінювати морфологічний склад крові, зокрема, кількість еритроцитів та співвідношення клітинних елементів, що прямо відображає інтенсивність обмінних процесів.

Радіонов М., Якименко О., Северинovська О.

ЗМІНИ СТРУКТУРИ СНУ В УМОВАХ ВОЄННОГО КОНФЛІКТУ: АНАЛІЗ REM-ФАЗИ ТА НІЧНИХ ПРОБУДЖЕНЬ

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, просп. Науки, 72, м. Дніпро, 49045, Україна, email: radionov_m@365.dnu.edu.ua

Radionov M., Yakymenko O., Severynovska O. CHANGES IN THE STRUCTURE OF SLEEP DURING MILITARY CONFLICT: ANALYSIS OF REM PHASE AND NIGHT AWAKENINGS. Sleep quality is a key marker of psychophysiological state. Thirty-day sleep monitoring of six participants in a war zone revealed significant deviations from normal values. Average REM sleep remained at the lower normative threshold (21.8%), deep sleep duration was reduced (1 h 28 min), and awakenings increased (2.9 per night). These changes indicate sleep fragmentation and may contribute to impaired emotional regulation, increased anxiety, and higher PTSD risk.

Якість сну є ключовим показником психофізіологічного стану людини. В умовах воєнного конфлікту хронічний стрес і постійна загроза життю призводять до значних порушень сну. Особливо вразливою є REM-фаза, яка відповідає за емоційну обробку та консолідацію пам'яті (Onton et al., 2018; Barone, 2020; Baltzan et al., 2020). Попередні дослідження показали, що порушення REM та збільшення нічних пробуджень асоціюються з підвищеним ризиком розвитку ПТСР (Zhang et al., 2020).

Мета: проаналізувати параметри сну (відсоток REM, тривалість глибокого сну, кількість нічних пробуджень) у групі осіб, що перебувають у зоні воєнного конфлікту, та порівняти їх із нормативними значеннями.

Методологія: протягом 30 днів за допомогою фітнес-трекера Xiaomi Band 9 збирали дані про нічні цикли сну 15 учасників. Аналізували такі показники: відсоток REM-сну, тривалість глибокого сну та кількість пробуджень за ніч. Для оцінки було розраховано середнє значення, мінімум, максимум та стандартне відхилення. Отримані результати порівнювали з опублікованими нормами для здорових дорослих (REM ~20–25% загальної тривалості сну; глибокий сон – 1,5–2 год; пробудження ≤ 2 за ніч) (Zhang et al., 2020).

Результати: Середні показники вказують на суттєві відхилення від норми. За результатами дослідження, частка REM-фази склала в середньому 21,8 ± 5,2% (діапазон 12,3–31,8%), що відповідає нижній межі фізіологічної норми у 20–25%. Тривалість глибокого сну виявилася зниженою і становила 1 год 28 хв ± 0:51 (діапазон 0:28–2:46), тоді як норма складає 1:30–2:00. Також зафіксовано підвищену частоту нічних пробуджень – у середньому 2,9 ± 1,9 разів за ніч (від 0 до 8), порівняно з нормою ≤ 2. Таким чином, тривалість REM-фази залишалася на нижній межі норми, глибокий сон був скорочений (1 год 28 хв замість 1,5–2 год), а збільшена кількість пробуджень (2,9) свідчить про фрагментацію сну.

Середній відсоток REM-сну був на нижній межі норми, однак із суттєвою міжіндивідуальною варіативністю. Тривалість глибокого сну виявилася зниженою (1 год 28 хв проти рекомендованих 1,5–2 год). Найбільш вираженим відхиленням була кількість пробуджень – у середньому 2.9, що перевищує норму та свідчить про фрагментацію сну, це узгоджується із сучасними даними щодо REM-порушень у посттравматичних станах (European Journal of Psychotraumatology, 2025; Journal of Clinical Sleep Medicine, n.d.).

Висновки: перманентний стрес у воєнних умовах призводить до порушень архітектоніки сну: зменшення тривалості глибокого сну, підвищення кількості нічних пробуджень та варіативності REM. Це може сприяти погіршенню емоційної регуляції, підвищенню тривожності та ризику розвитку ПТСР.

Семків Н., **Положенцева М.**, **Штурмак А.**, **Швадчак В.**

ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОНИКНЕННЯ ПЕПТИДІВ У МОЗОК МИШЕЙ ПРИ ІНТРАНАЗАЛЬНОМУ ВВЕДЕННІ

Карпатський національний університет ім. В. Стефаника, вул. Т. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76000, Україна; e-mail: nadiia.semkiv.22@pnu.edu.ua, myroslava.polozhentseva.22@pnu.edu.ua

Semkiv N., Polozhentseva M., Shturmak A., Shvadchak V. EFFECTIVENESS OF PEPTIDE PENETRATION INTO THE BRAIN OF MICE BY INTRANASAL ADMINISTRATION. Many novel drug candidates' for treatment of neurodegenerative diseases are proteins and peptides. Treatment of neurodegenerative disease requires bypassing the blood-brain barrier (BBB). Intranasal delivery allows to bypass it and deliver these drugs to the brain. However, structural determinants of peptides' ability to be delivered intranasally remain poorly studied. We used fluorescently labeled peptides to study the possibilities of intranasal delivery in *Mus musculus* and to determine the effectiveness of this method in delivering peptides to brain tissue.

Багато нових потенційних ліків від нейродегенеративних захворювань є білками та пептидами. Проте їхня доставка до центральної нервової системи часто ускладнена за рахунок великих розмірів. Інтраназальна доставка є неінвазивною процедурою, яка дозволяє доставляти лікарські препарати в мозок в обхід гематоенцефалічного бар'єра. Залишаються недостатньо з'ясованими структурні особливості пептидів, які визначають їхню здатність проходити інтраназальним шляхом до ЦНС. У нашій роботі ми досліджували, як вміст катіонних, аніонних та гідрофільних амінокислот у пептидах впливає на їх інтраназальну доставку до центральної нервової системи. Для цього ми дослідили вісім пептидів довжиною 15–60 амінокислотних залишків, мічених флуоресцеїном, та оцінили їхню доставку шляхом флуоресцентного аналізу лізатів мозку мишей. Розчин пептиду вводили в об'ємі 3 × 10 мкл, інкубували, відбирали мозок та гомогенізували його. Центрифугували, для запобігання світлорозсіювання, після чого визначали його вміст у зразках, аналізуючи флуоресценцію після різних інтервалів часу. У ході нашого експерименту ми встановили, що проміжки інкубації 15, 30 та 60 хвилин давали практично однакові результати щодо кількості пептиду, виявленого у мозку. Також підвищення концентрації введеного пептиду не приводило до зростання його вмісту в мозку. До мозкової тканини надходило близько 0,5–1% від введеної дози.

Висновки: Концентрації пептиду в мозку мишей не показує помітної залежності від часу після інтраназальної доставки, що дозволяє припустити, що цей процес відносно швидкий. Короткі катіонні пептиди можуть бути інтраназально доставлені в мозок з ефективністю близько 0,5%. Підвищення концентрації введеного пептиду не приводило до зростання його кількості в мозку, що може свідчити про насичуваність механізмів транспорту через носові структури.

Смик О., Ольшанецька Х., Бичкова С., Манько Б.

ЕКСПРЕСІЯ ГЕНІВ NAADP-ЧУТЛИВОГО ЛІЗОСОМАЛЬНОГО Ca^{2+}-ДЕПО ТА ОСОБЛИВОСТІ КАЛЬЦІЄВИХ СИГНАЛІВ У КЛІТИНАХ АДЕНОКАРЦИНОМИ ШЛУНКА

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: olha.smyk@lnu.edu.ua

Smyk O., Olshanetska Kh., Bychkova S., Manko B. EXPRESSION OF NAADP-SENSITIVE LYSOSOMAL Ca^{2+} STORE GENES AND CALCIUM SIGNALING FEATURES IN GASTRIC ADENOCARCINOMA CELLS. Lysosomes function not only as degradative organelles but also as intracellular Ca^{2+} stores regulated by second messenger NAADP. The role of lysosomal Ca^{2+} signaling in gastric adenocarcinoma remains poorly studied. We analyzed the expression of genes related to NAADP-sensitive Ca^{2+} signaling and evaluated cytosolic Ca^{2+} responses in primary tumor cell cultures. PCR confirmed the expression of genes JPT2, LSM12, TPCN1, TPCN2, and TCIRG1. Calcium imaging demonstrated increased cytosolic Ca^{2+} levels in response to acetylcholine, nigericin, and bafilomycin A1, indicating functional involvement of lysosomal Ca^{2+} stores in tumor cells.

Лізосоми є не лише органелами деградації, а й внутрішньоклітинними депо Ca^{2+}, чутливими до нікотинової кислоти аденіндинуклеотидфосфату (NAADP). Роль NAADP-залежної кальцієвої сигналізації у клітинах аденокарциноми шлунка залишається недостатньо з'ясованою.

Дослідження проведено на первинних культурах клітин, отриманих із пухлинного матеріалу пацієнтів з аденокарциномою шлунка (G2–G3). Експресію генів, пов'язаних із NAADP-чутливим лізосомальним Ca^{2+}-депо (JPT2, LSM12, TPCN1, TPCN2, TCIRG1), визначали методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР). Внутрішньоклітинний рівень Ca^{2+} оцінювали з використанням флуоресцентного барвника Fluo-4 AM.

Методом ПЛР підтверджено експресію JPT2, LSM12, TPCN1, TPCN2 та TCIRG1 у досліджуваних культурах. Флуоресцентний аналіз продемонстрував підвищення рівня цитозольного Ca^{2+} у відповідь на ацетилхолін, нігерицин та бафіломіцин A1. Отримані результати свідчать про функціональну активність NAADP-чутливих лізосомальних Ca^{2+}-депо у клітинах аденокарциноми шлунка та їхню потенційну участь у регуляції клітинних сигнальних процесів.

Baszyński J.[1], Kamiński P.[1,2], Mroczkowski S.[3], Szymański M.[4,5,6], Wasilow K.[4,6], Stuczyński T.[7,8], Stanek E.[1], Brodzka S.[1], Grochowalska R.[2], Kurhaluk N.[9], Tkaczenko H.[9], Woźniak A.[1]

TRACE ELEMENTS, OXIDATIVE STRESS, AND IMMUNOGENETIC DETERMINANTS IN MALE INFERTILITY: INTERACTIONS BETWEEN *MTHFR C677T*, *IL-4 C589T* POLYMORPHISMS AND ENVIRONMENTAL EXPOSURE

[1]Department of Medical Biology and Biochemistry, Department of Ecology and Environmental Protection, Faculty of Medicine, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń, M. Skłodowska-Curie St., 9, Bydgoszcz, 85-094, Poland; [2]Department of Biotechnology, Faculty of Biological Sciences, University of Zielona Góra, Prof. Z. Szafran St., 1, Zielona Góra, 65-516, Poland; [3]Department of Genetics and Animal Breeding, Faculty of Animal Breeding and Biology, UTP University of Science and Technology in Bydgoszcz, Hetmańska St., 33, Bydgoszcz, 85-039, Poland; [4]Department of Obstetrics, Female Pathology and Oncological Gynecology, University Hospital No. 2, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Ujejski St., 75, Bydgoszcz, 85-168, Poland; [5]NZOZ Medical Center Co. Prof. dr. hab. med. Wiesław Szymański, Dr. hab. med. Marek Szymański, Waleniowa St., 24, Bydgoszcz, 85-435, Poland; [6]10th Military Research Hospital and Polyclinic, IPHC, Clinic of Gynaecology and Oncological Gynecology, Powst. Warszawy St., 5, Bydgoszcz, 85-681, Poland; [7]Department of Soil Sciences, Institute of Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Czartoryskich St., 8, Puławy, 24-100, Poland; [8]Faculty of Natural Sciences and Health, The John Paul II Catholic University of Lublin, Konstantynów, 1 H, Lublin, 20-708, Poland; [9]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl

Male infertility is a complex, multifactorial condition influenced by genetic susceptibility, immune regulation, environmental exposure and imbalances in oxidative stress (Tahmasbpou et al., 2014; Agarwal et al., 2015). Despite considerable advances in diagnostic procedures, a significant proportion of cases of infertility remain idiopathic, highlighting the need for an integrative approach combining molecular, biochemical and environmental analyses (Esteves, 2013; Lamothe et al., 2018). This study investigated the relationships between selected trace elements (aluminium, boron, cadmium, and arsenic), lipid peroxidation intensity, and polymorphisms in the methylenetetrahydrofolate reductase (*MTHFR C677T*, rs1801133) and interleukin-4 (*IL-4 C589T*, rs2243250) genes in men from a polluted region of central Poland.

Oxidative stress is recognised as a key mechanism that contributes to impaired spermatogenesis, sperm DNA damage and altered membrane integrity (Alahmar, 2019). Malondialdehyde (MDA), a widely used biomarker of lipid peroxidation, was assessed to evaluate redox imbalance (Jomova et al., 2023). In parallel, serum concentrations of the trace elements were measured to determine their potential contribution to oxidative damage and reproductive dysfunction. Given the established roles of methylenetetrahydrofolate reductase (MTHFR) in folate metabolism and DNA methylation and of IL-4 in immune modulation and inflammatory balance (Liu et al., 2015; Renu et al., 2020), the study also examined whether genetic polymorphisms in these loci interact with environmental exposure to influence the risk of infertility.

The results suggest that cadmium is the environmental risk factor most strongly associated with male infertility in the studied population, significantly increasing the likelihood of reproductive dysfunction. By contrast, boron demonstrated a potentially protective association, suggesting a role in modulating oxidative balance and trace element homeostasis. Aluminium and arsenic exhibited genotype-dependent associations, particularly in relation to IL-4 polymorphism. This suggests that the immune-related genetic background may modify an individual's susceptibility to environmental toxicants.

Polymorphisms of *MTHFR C677T* and *IL-4 C589T* were not directly associated with infertility status when analysed independently. However, significant interactions were observed between IL-4 genotypes and trace element concentrations, suggesting that this cytokine gene variant may influence the relationship between metal exposure and the intensity of oxidative stress.

These findings imply that genetic predisposition does not act in isolation, but rather modulates the environmental impact through complex gene–environment interactions.

Unexpectedly, malondialdehyde (MDA) levels were higher in normozoospermic men than in infertile individuals, calling into question the reliability of MDA as a standalone biomarker of male infertility. This suggests that, in certain contexts, lipid peroxidation markers may reflect compensatory metabolic or adaptive responses rather than direct pathological damage. Furthermore, correlations between trace elements and oxidative stress markers suggest that interactions among metals, particularly cadmium, boron and aluminium, may affect redox homeostasis more significantly than exposure to a single element.

The study emphasises the importance of assessing combined environmental and genetic factors when evaluating male reproductive health. Rather than acting as isolated determinants, trace elements, oxidative stress pathways and immunogenetic variants appear to form an interconnected network that influences spermatogenic function and susceptibility to infertility. These findings support the concept that environmental toxicants may exert genotype-dependent biological effects, particularly through immune-mediated and oxidative mechanisms.

In conclusion, cadmium exposure is a significant environmental risk factor for male infertility, whereas boron may have a protective effect. While MTHFR and IL-4 polymorphisms do not independently determine infertility status, IL-4 genetic variation modulates the interaction between trace elements and oxidative stress. The results highlight the necessity of integrative biomonitoring strategies combining trace element analysis, oxidative stress assessment and immunogenetic profiling, to improve our understanding of the multifaceted aetiology of male infertility. Further large-scale and longitudinal studies are needed to clarify causal relationships and establish clinically relevant biomarker panels for reproductive risk assessment.

Berezovskyi V., Lushchak O.

SEX-SPECIFIC ALLOMETRY AND TISSUE INVESTMENT STRATEGIES IN THE FRUIT FLY

Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Shevchenko St., 57, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine; e-mail: vladuslavisimys@gmail.com,

Sexual dimorphism in *Drosophila melanogaster* is not merely a uniform scaling of body size but arguably a distinct prioritisation of tissue investment strategies. To better understand these 3D volumetric trade-offs, this study characterizes the specific organ systems driving sexual size differences by establishing a baseline for organ allometry.

We performed whole-body micro-computed tomography (micro-CT) on 6-day-old virgin female and male *Drosophila melanogaster*. Samples were enhanced with iodine staining, scanned, and subjected to manual and semi-automated volumetric segmentation of the body tagmata and internal organs, including the digestive, reproductive, and nervous systems.

Females exhibited a significantly larger total body volume compared to males, primarily driven by a disproportionate allometric expansion of the abdomen. The midgut displayed the most extreme dimorphism, being significantly larger in females in both absolute and relative terms. Conversely, the central nervous system (CNS) demonstrated absolute volumetric stability across sexes. Brain and ventral nerve cord volumes were indistinguishable between males and females, indicating that the widely reported smaller relative brain size in females is mathematically driven by somatic expansion, a phenomenon termed “somatic dilution”. Additionally, while absolute gonad volumes were statistically comparable at this pre-mating stage, structural constraints dictate that males invest a significantly larger fractional volume into reproductive tissue.

The massive volumetric expansion of the female midgut likely represents a “pre-adaptive” metabolic investment for future egg production. Ultimately, these results highlight that the *Drosophila* body consists of independently regulated modules: an isometric maintenance system, an autonomous neural system, and a hyper-allometric visceral system. Understanding these relationships provides a vital foundation for future research into organ plasticity and metabolic trade-offs.

Chyr V., Ivanochko M., Hurza V., Vatashchuk M.

KEFIR CONSUMPTION MODULATES ANTIOXIDANT DEFENSE IN MICE SUBJECTED TO FOOT SHOCK STRESS

Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Shevchenka St., 57, Ivano-Frankivsk, 76000, Ukraine; e-mail: viktoriia.chyr.25@cnu.edu.ua

Introduction. Traumatic events can lead to the development of post-traumatic stress disorder (PTSD), which is accompanied by behavioral alterations and physiological dysfunctions. Kefir contains a complex of probiotic microorganisms and other biologically active substances that can alleviate PTSD-like symptoms, in particular by reducing oxidative stress and modulating the gut-brain axis. The effect of kefir consumption after stress on behavioral parameters and biochemical indicators is a promising area of research.

The aim of this study was to investigate the effect of kefir consumption on behavioral parameters and oxidative stress in the cerebral cortex and liver of mice.

Materials and Methods. The study was conducted in two stages using eight-month-old female C57BL/6J mice. Symptoms of PTSD were modeled via electric foot shock stimulation (Balatskyi et al. 2025). At the first stage, animals were randomly assigned to three groups (n = 6): Control, "Stress 0.8 mA" ("0.8 mA"), and "Stress 0.8 mA + Kefir" ("0.8 mA + Kefir"). The second stage followed an identical experimental design but utilized a current intensity of 1.2 mA. The Control and "Stress" groups received a standard laboratory diet, while the diet of the "Stress + Kefir" groups was supplemented with kefir. On days one and two, mice were subjected to electric foot shocks of the respective intensities. On day three, the animals were exposed to the aversive context. Upon completion of the experiment, mice were euthanized. The liver and prefrontal cortex were sampled, weighed, and immediately frozen in liquid nitrogen. The activity of antioxidant enzymes in the liver and cerebral cortex was determined using a spectrophotometric assay (Demianchuk et al. 2025).

Results and Discussion. The activity of GPx was higher in the liver of "0.8 mA + Kefir" than in "0.8mA". Additionally, GST and GR activity in group "0.8 mA + Kefir" was lower compared to the "Control". Also, Catalase and G6PDH activity did not differ significantly between groups. Additionally, we exhibited no significant differences in protein carbonyl and lipid peroxide content compared to the "Control". In the cerebral cortex, we detected no significant changes in the aforementioned biochemical parameters between the experimental groups.

In liver samples, we exhibited a tendency toward higher GPx, GST, and G6PDH activity in the "1.2 mA + Kefir" group compared to the other groups. We also observed in group "1.2 mA + Kefir" lower levels of lipid peroxides and protein carbonyls. In the cerebral cortex, G6PDH and GR activity were lower in kefir-treated mice compared to the "1.2 mA" group. The activity of GST was higher in both 1.2 mA stress-exposed groups compared to the Control. Protein carbonyl content was lower in both 1.2 mA stress groups compared to the Control, while lipid peroxide levels did not differ significantly between groups. The obtained results may indicate that kefir consumption modulates the cellular response to macromolecular damage without inducing significant shifts in the activity of the primary antioxidant enzyme system. Perhaps longer-term consumption of kefir is necessary to change PTSD-like symptoms.

Conclusions. Kefir consumption facilitates the modulation of antioxidant defense mechanisms in the liver and brain of mice subjected to 0.8 mA and 1.2 mA footshock. This may indicate the activation of cellular detoxification systems, rather than some behavioral adaptations to stress factor.

Acknowledgement. The authors are grateful to M.Sc. V. Balatskyi, A. Divnych, and T. Dmytriv for the performance of behavioral tests. The authors are grateful to senior specialist H. Cherevata for breeding and maintenance of mice. The authors are grateful to the defenders of Ukraine, whose heroic deeds made the preparation of this research possible.

Derkachov V., Sokolovska Y., Karas T., Yalanska S., Bayliak M.

THE EFFECT OF SOCIAL ISOLATION ON ANXIETY-LIKE AND DEPRESSION BEHAVIOUR IN MICE FED A STANDARD DIET AND ALPHA-KETOGLUTARATE

Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Shevchenko St., 57, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine; e-mail: derkachovvitalii@gmail.com

Social isolation is a significant challenge in modern society. It induces not only a severe psycho-emotional stress, but also PTSD, leading to the development of various neurobiological and metabolic complications. Social deprivation acts as a potent chronic stressor capable of disrupting body homeostasis, provoking anxiety- and depression-like states, and altering the activity of key enzymatic systems. According to current scientific data, prolonged stress induced by isolation initiates a cascade of oxidative stress and neuroinflammation, negatively affecting behavioral responses and cognitive functions. The etiology of these conditions is complex, necessitating the search for effective pharmacological correction strategies. Of particular interest is alpha-ketoglutarate (AKG), a key intermediate of the tricarboxylic acid cycle that plays a central role in cellular energy metabolism, amino acid synthesis (specifically glutamate and GABA), and antioxidant defense. Exogenous administration of AKG may serve as a powerful neuroprotective factor capable of stabilizing central nervous system function and mitigating behavioral deficits caused by stress.

The aim of this study was to determine the impact of prolonged social isolation on the behavioral responses of female mice and to evaluate the neuroprotective potential of alpha-ketoglutarate at concentrations of 1% and 2%. The experiment was conducted on 48 female C57BL/6J mice, aged 3–4 months, housed under standard vivarium conditions. The animals were divided into six experimental groups. The first three groups were housed in groups (4 mice per cage) and received either a standard diet alone or supplemented with 1% or 2% AKG. The other three groups were subjected to social isolation through individual housing for 2 months and received the same dietary variations.

To thoroughly evaluate the behavioral phenotype at the end of the experimental period, comprehensive testing was performed. The levels of spontaneous locomotor activity and anxiety were assessed using the Open Field Test, recording locomotor distance and exploration strategy. To identify signs of apathy and depression-like behavior associated with anhedonia, the Splash Test was employed, with key indicators being the duration and intensity of grooming after applying a viscous sucrose solution to the animals' fur. Statistical analysis of the obtained data was performed using two-way analysis of variance to evaluate the effects of the isolation factor, the drug dosage factor, and their interaction. For pairwise comparisons between groups, Tukey’s post hoc test was applied. All procedures were conducted in compliance with bioethical standards for the use of laboratory animals.

The 2-month social isolation in female C57BL/6J mice leads to a profound disruption of the behavioral phenotype, characterized by increased anxiety and the development of apathetic, depression-like states without compromising general locomotor function. Supplementation with AKG as a metabolic corrector demonstrated a clear, dose-dependent neuroprotective effect, with the 2% concentration being most effective at mitigating the consequences of chronic stress. Specifically, AKG supplementation successfully promoted behavioral resilience by increasing exploratory activity in the Open Field Test and significantly restoring grooming duration in the Splash Test. These findings suggest that AKG, by supporting cellular energy metabolism and antioxidant defense, serves as an effective pharmacological tool for neutralizing the negative impact of social deprivation on the psycho-emotional state, providing a basis for further research into its potential for treating stress-related disorders like PTSD.

Eshnazarova F.

THE ROLE OF EPIGENETIC FACTORS IN ENHANCING ATHLETES' PHYSICAL WORK CAPACITY: TRAINING-INDUCED GENE EXPRESSION CHANGES

Samarkand Branch of the Institute of Retraining and Advanced Training of Physical Education and Sports Specialists, ave. Chopon Ota, 13 A, Samarkand, Uzbekistan;
e-mail: faridaeshnazarova4@gmail.com

In modern sports science, increasing attention is paid to epigenetic mechanisms as key regulators of athletes' physical work capacity. Unlike genetic polymorphisms, epigenetic modifications are dynamic and can be altered under the influence of training loads, environmental factors, and lifestyle. The purpose of this abstract is to analyze the role of epigenetic factors in improving physical performance, with a particular focus on training-induced changes in gene expression.

Epigenetic regulation includes DNA methylation, histone modifications, and the action of non-coding RNAs, which together control the activation or suppression of genes involved in muscle adaptation, energy metabolism, and recovery processes. Scientific evidence shows that regular physical training leads to hypomethylation of genes associated with mitochondrial biogenesis, oxidative phosphorylation, and muscle fiber transformation, thereby enhancing aerobic capacity and endurance (Egan, Zierath, 2013). Resistance and high-intensity training have been shown to affect histone acetylation in skeletal muscle cells, promoting the expression of genes responsible for muscle hypertrophy and strength development (McGee, Walder, 2017).

Furthermore, epigenetic mechanisms play an important role in individual differences in training response. Athletes exposed to similar training programs may demonstrate different levels of physical performance improvement due to variations in epigenetic sensitivity. This suggests that epigenetic markers can be used as potential indicators for personalized training strategies and load optimization (Denham et al., 2015).

Recent studies also indicate that epigenetic adaptations induced by training are partially reversible, which highlights the importance of training continuity and recovery balance. Periods of detraining or excessive training stress may lead to unfavorable epigenetic shifts, including increased methylation of genes responsible for muscle regeneration and metabolic efficiency (Seaborne et al., 2018). This emphasizes the critical role of well-structured training cycles and adequate rest in maintaining optimal gene expression profiles in athletes.

In addition, epigenetic regulation is closely linked to age, nutrition, and psycho-emotional state. Nutritional factors such as protein intake, micronutrients, and bioactive compounds can modulate epigenetic enzymes, thereby indirectly influencing physical work capacity. Psychological stress, which is common in competitive sports, may also affect gene expression through epigenetic pathways, altering hormonal balance and recovery dynamics.

From an applied perspective, the identification of training-sensitive epigenetic markers offers promising opportunities for sports practice. Monitoring epigenetic changes could help coaches and sports scientists assess training effectiveness, predict adaptation potential, and reduce injury risk. Although epigenetic diagnostics in sports are still at an early stage, future integration of molecular data with physiological and performance indicators may significantly enhance the scientific basis of athletic training.

Thus, epigenetics represents a rapidly developing field that deepens our understanding of how training stimuli translate into functional improvements in physical performance. Continued research in this area will support the transition from generalized training models to more individualized, adaptive, and sustainable approaches in high-performance sport.

Gradziuk M.[1,2], Tkaczenko H.[2], Kurhaluk N.[2]

TRANSFUSION-RELATED IMMUNOMODULATION (TRIM): MECHANISMS, CLINICAL IMPLICATIONS, AND FUTURE PERSPECTIVES

[1]Regional Centre for Blood Donation and Blood Treatment named after John Paul II in Słupsk, Szarych Szeregów St., 21, Słupsk, 76-200, Poland; [2]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; e-mail: gosiagra@op.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

Transfusion-related immunomodulation (TRIM) is a multifaceted immunological phenomenon whereby the recipient's immune system is altered following exposure to allogeneic blood components. TRIM can result in either immunostimulation or immunosuppression, and has clinical relevance in the fields of autoimmune disorders, allergies, inflammation, oncology, and transplantation medicine (Opelz et al., 1973; Kłos and Korsak, 2002). These effects are predominantly mediated by allogeneic leukocytes, antigen-presenting cells (APCs) and platelets present in transfused blood products. These effects include a shift from Th1 to Th2 immune responses, decreased natural killer (NK) cell activity, altered CD4/CD8 ratios and impaired lymphocyte blastogenesis. Transfusion-associated microchimerism (TA-MC), which is defined as the persistence of donor-derived cells in the recipient, is a recently recognised component of TRIM. It is observed in up to 50% of patients receiving massive transfusions, and can persist for weeks to years (Red et al., 2007; Youssef and Spitalnik, 2017). Even leukocyte-reduced products may contribute to microchimerism, suggesting a complex interplay between cellular and soluble factors (Korsak and Łętowska, 2009).

From a mechanistic perspective, TRIM arises from alloimmunisation, immunosuppressive soluble mediators and potentially bioactive lipids that are released during the storage of red blood cells (RBCs) and platelets (Bilgin and Brand, 2008). Antigen-presenting cells (APCs) expressing donor major histocompatibility complex (MHC)-peptide complexes may induce tolerance or suppress the recipient's immune response, highlighting the central role of donor leukocytes in TRIM (Opelz et al., 1981; Klos and Korsak, 2002). Macrophages are crucial for erythrophagocytosis and contribute to acute, subacute and chronic immunomodulatory effects, thereby influencing both innate and adaptive immunity (Youssef and Spitalnik, 2017). Soluble factors released during the storage of blood components can also modulate cytokine production, interleukin signalling and NK cell cytotoxicity, creating a complex immunological environment (Bilgin and Brand, 2008; Korsak and Łętowska, 2009).

Clinically, TRIM is associated with an increased susceptibility to postoperative infections, reactivation of latent viral infections and a higher risk of tumour recurrence and metastasis (Opelz et al., 1973; 1981). This is particularly relevant in transplantation, where preoperative transfusions were historically found to enhance graft survival prior to the development of modern immunosuppressants (Opelz et al., 1973, 1981). Current transfusion practices aim to mitigate TRIM by using components that are either leukocyte-reduced or plasma-depleted; however, evidence regarding their clinical benefit remains incomplete (Wytyczne, 2020). The degree of immunemodulation may also depend on HLA compatibility between donor and recipient, the number and type of cells transfused, and the molecular composition of stored blood products (Bilgin and Brand, 2008; Korsak and Łętowska, 2009).

Despite extensive research over the past four decades, TRIM remains incompletely understood. While TRIM can explain some of the immunological consequences of transfusions, the precise clinical relevance of TRIM is still being debated. Studies that target molecular pathways, cell-specific effects and disease-specific outcomes are essential for optimising transfusion strategies, reducing adverse immunological consequences and improving patient outcomes (Youssef and Spitalnik, 2017; Wytyczne, 2020). In summary, TRIM is a biologically significant process with important implications for transfusion medicine, immunology and transplantation, emphasising the need for ongoing clinical research.

Ivanochko M., Derkachov V., Gospodaryov D., Bayliak M., Lushchak V.

BROCCOLI SPROUTS REDUCE INFLAMMATION AND IMPROVE DETOXIFICATION OF XENOBIOTICS IN THE LIVER OF CAFETERIA DIET-FED MICE

Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Shevchenka St., 57, Ivano-Frankivsk, 76000, Ukraine; e-mail: marian.ivanochko.20@pnu.edu.ua

Introduction. Excessive consumption of sweets, fast food, or a so-called cafeteria diet is associated with metabolic disorders and obesity with associated diseases. Broccoli sprouts (*Brassica oleracea var. italica*) contain many beneficial biologically active compounds, including glucosinolates and antioxidants. As a dietary supplement, broccoli sprouts may alleviate obesity and its comorbidities, including inflammation and oxidative stress in humans and animals.

The aim of this work was to investigate the effects of broccoli sprouts and cafeteria diet on metabolism, inflammation, oxidative stress, and xenobiotic detoxification in the liver of mice.

Materials and Methods. Eight-month-old C57BL6/J males were randomly divided into four groups. The basal diet (BD) group consumed the standard rodent chow. The broccoli group received the basal diet supplemented with 5% (w/w) shredded broccoli (BD5BS). The cafeteria diet group (CD) consumed a hypercaloric chow that consisted of 30% of the basic diet and 70% of cafeteria products (sweet peanuts, milk chocolate, and crackers). The fourth group received a cafeteria diet with broccoli sprouts (CD5BS). Animals were kept on the corresponding diets for 16 weeks, then euthanized, and the liver was rapidly frozen for further analysis.

Results and Discussion. At the end of the feeding regimens, visceral fat accumulation and no significant increase in body mass were observed in the CD and CD5BS mice, and these markers of obesity were not affected by broccoli sprouts. Consumption of a cafeteria diet resulted in higher triacylglycerol content and glycolytic enzyme activity in murine liver compared with the BD group, while supplementation of CD with broccoli sprouts lowered these parameters. Lipid peroxide levels and protein carbonyl levels did not differ between groups, suggesting the absence of hepatic lesions from diet-induced oxidative stress. The activities of glutathione-peroxidase and glutathione-S-transferase in the BD5BS and CD5BS groups were higher compared with the BD group, indicating improvement of antioxidant defense and detoxification of xenobiotics in the murine liver. The activity of glutathione reductase was higher in three experimental groups compared with the BD, while the activity of glucose-6-phosphate dehydrogenase was lower. This contradiction may arise because these enzymes are linked functionally but regulated independently, so NADPH for glutathione reduction can be provided by alternative pathways (e.g., fatty acid oxidation). Mice in the CD group had higher relative levels of mRNA transcripts for inflammatory markers (CYP1A1, NUR77, CCL2, and IL6) compared with the other groups. Levels of *GNMT* (detoxification enzyme), *PPARGC1A* (PGC-1α, regulatory protein), and *PDK2* (protein kinase that inhibits the formation of acetyl-coenzyme A in mitochondria) were higher in both groups with broccoli sprouts, suggesting adaptation to oxidative stress, mitochondrial biogenesis, and limitation for glucose oxidation, respectively. Histological sections from the CD group showed an accumulation of immune cells among hepatocytes, suggesting the development of inflammation. In contrast, no accumulation of immune cells in the liver was observed in the CD5BS group, indicating the anti-inflammatory effect of consuming broccoli sprouts.

Conclusions. A cafeteria diet induced "a lean obese" phenotype of mice and inflammation, while the addition of broccoli sprouts attenuated adiposity and pro-inflammatory processes in the liver. Broccoli sprouts modulated the metabolism, improved detoxification of xenobiotics, and antioxidant defense. In general, broccoli sprouts are a potential remedy for hidden signs of obesity.

Funding source. This research was supported by a grant from the Ministry of Education and Science of Ukraine (#0122U000894).

Makoida Y., Berezovskyi V., Lushchak O.

AGING-RELATED CHANGES IN METABOLISM AND ANATOMY OF DROSOPHILA MELANOGASTER DEPENDING ON GENDER

Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Department of Biochemistry and Biotechnology, Shevchenka St., 57, Ivano-Frankivsk, 76000, Ukraine; e-mail: yuriimak736@gmail.com

Aging is an evolutionarily conserved biological process characterized by progressive decline in physiological integrity, metabolic homeostasis, and functional capacity. Skeletal muscle is particularly vulnerable to age-associated alterations due to its high energetic demand and dependence on tightly regulated carbohydrate and lipid metabolism. Metabolic alterations may precede overt structural deterioration and functional decline, highlighting the importance of investigating tissue-level metabolic changes during aging. The aim of this study was to evaluate age-related changes in carbohydrate and lipid metabolism, protein content, and muscle structural integrity in *Drosophila melanogaster*, with a focus on thoracic muscle tissue.

Flies of the w^{1118} line were maintained on a standard diet (5% yeast, 5% sucrose, 1% agar, 0.18% nipagin, 0.6% propionic acid) under controlled conditions (25°C, 60% humidity, 12:12 light/dark cycle). After eclosion, males and females were separated and maintained for 5 or 20 days.

Glucose was quantified in hemolymph, whole-body, and thoracic samples; glycogen and triacylglycerides were measured in whole-body and thoracic homogenates; protein content was determined in thoracic tissue. Thoraxes were carefully isolated in PBS to minimize abdominal tissue and fat body contamination and subsequently centrifuged. Structural alterations of dorsal longitudinal muscles (DLMs) were assessed using micro-computed tomography (40 kV, 110 μA, 2 μm resolution), followed by three-dimensional reconstruction and volumetric analysis.

Our results demonstrate differences between parameters measured in whole-body/hemolymph samples and thoracic muscle tissue. Age did not affect glucose concentration in hemolymph or whole-body glucose content in either sex. Similarly, whole-body glycogen and triacylglyceride levels remained unchanged between 5- and 20-day-old flies. These findings indicate that the analyzed whole-body carbohydrate and lipid parameters remain stable between 5 and 20 days of adulthood, despite pronounced alterations detected in thoracic tissue.

In contrast, thoracic muscle tissue exhibited marked metabolic alterations. Glycogen content in thoraxes decreased by 24.3% in females and by 39.5% in males at 20 days compared to 5-day-old flies. Thoracic glucose levels did not significantly change with age. Age-dependent lipid redistribution was also observed: triacylglyceride content increased by 33.3% in thoraces of 20-day-old females, while no significant changes were detected in males. Protein content in thoraxes declined significantly in females, decreasing by 42.3% in 20-day-old flies compared to young individuals, whereas no significant changes were observed in males. These biochemical alterations were accompanied by structural deterioration of dorsal longitudinal muscles. Micro-CT analysis demonstrated a reduction in DLM volume by 29.8% in females and 54.3% in males at 20 days of age.

Taken together, these findings show that age-related changes detected between 5 and 20 days differ between whole-body/hemolymph measurements and thoracic muscle tissue. While the analyzed whole-body carbohydrate and lipid parameters remained unchanged, thoracic muscle exhibited glycogen depletion, lipid accumulation in females, reduced protein content in females, and structural muscle atrophy. The absence of age-dependent alterations in whole-body measurements alongside pronounced changes in thoraces indicates that the detected metabolic and structural modifications are more evident at the level of thoracic muscle. Moreover, the parallel reduction in glycogen content and muscle volume suggests a relationship between local energy reserves and structural integrity of muscle tissue.

Mazur Z., Tkaczenko H., Kurhaluk N.

ADOLESCENT EPIGENETIC PLASTICITY AND METABOLIC PROGRAMMING: THE ROLE OF DIET, FUNCTIONAL FOODS, AND GENE-ENVIRONMENT INTERACTIONS

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; e-mail: zbigniewmazur1@wp.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Adolescence is a critical developmental period characterised by rapid hormonal, metabolic and neurobiological changes, accompanied by increased epigenetic plasticity. During this period, dietary exposure can have a profound and potentially long-lasting effect on gene regulation and metabolic programming (Das et al., 2017). The increasing prevalence of obesity, metabolic syndrome (MetS), insulin resistance, non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) and related cardiometabolic disorders in adolescents highlights the importance of understanding the molecular mechanisms that link diet to metabolic health (Bhurosy and Jeewon, 2014; Larruy-García et al., 2024). Epidemiological data demonstrate rising rates of MetS and obesity in young people, driven by the high consumption of ultra-processed foods, refined sugars and high-fat diets, combined with reduced physical activity. These environmental factors interact with genetic susceptibility and ethnic variability in genes that regulate appetite and adiposity, such as leptin (LEP), leptin receptor (LEPR), and pro-opiomelanocortin (POMC) genes, resulting in heterogeneous metabolic risk profiles (Buono et al., 2005; Saeed et al., 2012; Funcke et al., 2014).

At the molecular level, dietary components act as epigenetic modulators. Methyl-donor nutrients such as folate, vitamins B_6 and B_{12}, choline and betaine regulate one-carbon metabolism and influence the availability of S-adenosylmethionine, thereby shaping DNA methylation patterns (Huh et al., 2006; Liew and Gupta, 2015; Zhong et al., 2017). Diets high in sugar and fat alter histone acetylation, methylation, and chromatin remodelling, thereby promoting lipogenesis, inflammation, and insulin resistance (Rai, 2024). Bioactive compounds such as omega-3 fatty acids, polyphenols, and probiotics can counteract these effects by modulating inflammatory signalling pathways and epigenetic enzyme activity (Bodur et al., 2025; Ma et al., 2025). MicroRNAs also integrate dietary cues into the networks that regulate genes controlling adipogenesis, mitochondrial function, and glucose metabolism (DeLucas et al., 2024).

Notably, epigenetic alterations that occur during adolescence can persist into adulthood and, in certain instances, be transmitted across generations. The metabolic status of both the mother and father influences the epigenetic programming of their offspring, supporting the Developmental Origins of Health and Disease (DOHaD) framework (Alum et al., 2025; Banushi et al., 2025). Ethnic differences in allele frequencies and gene-environment interactions modify susceptibility to obesity and metabolic disease further, emphasising the need for population-specific approaches (Pledger and Ahmadizar, 2023; AlAnazi et al., 2024).

The concept of functional foods requires a clearer mechanistic definition, particularly with regard to adolescents, in order to distinguish between naturally nutrient-dense foods and intentionally enriched formulations that are designed to exert targeted physiological effects. There is emerging evidence that functional foods enriched with omega-3 fatty acids, plant sterols, probiotics or concentrated polyphenols can positively influence epigenetic regulation and metabolic outcomes during this sensitive developmental period (Essa et al., 2023; Fekete et al., 2025).

Thus, these findings highlight adolescence as a critical period for nutritional epigenetic intervention. Understanding how dietary patterns reshape the adolescent epigenome provides a mechanistic basis for precision nutrition strategies that aim to prevent obesity, metabolic syndrome and long-term cardiometabolic disease.

Mazur Z., Tkaczenko H., Kurhaluk N.

GANODERMA LUCIDUM (REISHI/LINGZHI) AS A PROMISING IMMUNOMODULATORY AND ANTICANCER AGENT

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; e-mail: zbigniewmazur1@wp.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Ganoderma lucidum (Curtis) P. Karst., commonly known as reishi or lingzhi, has been used in traditional Asian medicine for over 2,000 years to promote general health, vitality and immune resilience. In classical Chinese and Japanese medical systems, it has been regarded as an adaptogen that enhances longevity and supports systemic balance (Wachtel-Galor et al., 2011; Plosca et al., 2025).

Contemporary scientific research indicates that *G. lucidum* extracts contain a variety of bioactive constituents, particularly polysaccharides and triterpenoids. These constituents participate in immunomodulation and exhibit anti-inflammatory and antioxidant properties. They also demonstrate anticancer potential by regulating multiple cellular and metabolic pathways (Swallah et al., 2023). Numerous *in vitro* and *in vivo* studies have demonstrated its antiproliferative, cytotoxic, antiangiogenic and immunostimulatory effects, highlighting its potential as an adjuvant in cancer prevention and supportive therapy (Cancemi et al., 2024; Plosca et al., 2025). The primary bioactive components of *G. lucidum* are polysaccharides, especially β-1,3- and β-1,6-D-glucans, and triterpenoids, including various ganoderic acids. These compounds modulate immune responses by activating macrophages, T lymphocytes and natural killer (NK) cells, while enhancing the secretion of cytokines such as TNF-α, IFN-γ and nitric oxide (NO) (Sun et al., 2011; Ahmad, 2020; Li et al., 2024). Through these mechanisms, the host's antitumour immune surveillance may be strengthened. Furthermore, polysaccharides have been demonstrated to hinder tumour growth and angiogenesis, and to provoke apoptosis in cancer cells, partly via mitochondrial-dependent pathways and caspase activation (Zhang et al., 2023; Gao and Homayoonfal, 2023). Ergosterol peroxide, which is found in *G. lucidum* spores, has been shown to be able to overcome chemoresistance and induce apoptosis, especially in hepatocellular carcinoma cells (HepG2) (Xu et al., 2021). It activates the transcription factor Foxo3 and pro-apoptotic proteins such as Puma and Bax, while downregulating oncogenic proteins including pAKT and c-Myc (Li et al., 2016). These molecular interactions contribute to programmed cell death and the suppression of tumour cell survival pathways. Triterpenoids, including ganoderic acids (GA-T, GA-DM, GA-H, GA-A and GA-Me), exhibit pro-apoptotic, anti-metastatic and cytotoxic activity against multiple cancer cell types, including those in the lung, liver and breast. Their mechanisms involve the inhibition of matrix metalloproteinases (MMP-2 and MMP-9), the modulation of MAPK signalling pathways, the regulation of IL-3 signalling and the modulation of cytokines (e.g. IL-6 and TNF-α). Notably, ganoderic acid DM has also been shown to inhibit 5α-reductase, suggesting its potential therapeutic relevance in hormone-dependent malignancies such as prostate cancer (Cancemi et al., 2024). The spores of *G. lucidum* are a valuable source of bioactive substances, but their bioavailability is limited by a rigid outer layer of chitin and cellulose. Applying cell wall disruption techniques – enzymatic, ultrasonic or thermal – significantly enhances the bioavailability and biological activity of spore-derived compounds (Chaiyasut et al., 2010). Extracts from broken spores demonstrate strong anti-angiogenic and pro-apoptotic activity, and spore oil containing ergosterol peroxide can induce apoptosis in cancer stem cells, which could limit tumour recurrence and metastasis (Shen et al., 2024). Available clinical studies confirm the safety profile of reishi preparations and suggest they have a positive impact on the quality of life of oncology patients, including reducing cancer-related fatigue, anxiety and depressive symptoms (Li et al., 2024). While large-scale randomised clinical trials remain limited, accumulating experimental evidence suggests that *G. lucidum* may be an important component of integrative oncology strategies (Chen et al., 2023). Its multidirectional mechanisms – encompassing immune modulation, inhibition of tumour proliferation, suppression of angiogenesis, and induction of apoptosis – support its potential role as a complementary agent in cancer prevention and supportive therapy. Further well-designed clinical studies are needed to clarify the optimal dosage, long-term safety and efficacy when used in combination with conventional anticancer treatments.

Sokolovska Y., Derkachov V., Karas T., Yalanska S., Bayliak M.

THE EFFECTS OF ALPHA-KETOGLUTARATE AND SOCIAL ISOLATION ON BEHAVIOR OF FEMALE MICE IN ELEVATED PLUS MAZE AND LIGHT-DARK BOX TESTS

Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Shevchenko St., 57, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine; e-mail: julia.sokolovska.95@gmail.com

Prolonged social isolation is considered a significant stress factor that negatively affects both mental and physical health. Chronic isolation may disrupt homeostatic regulation, promote anxiety- and depression-like behavior, and activate inflammatory processes in the brain, leading to impaired cognitive and behavioral functions. Given the complex nature of stress-induced neurobehavioral changes, the search for effective pharmacological agents remains important. Alpha-ketoglutarate (AKG), a key metabolite of the Krebs cycle, participates in energy metabolism, neurotransmitter synthesis, and redox balance. Owing to its metabolic and antioxidant properties, AKG may exert neuroprotective effects and attenuate stress-related behavioral disturbances.

This work focused on assessing behavioral changes induced by prolonged individual housing in female mice and on investigating whether dietary supplementation with alpha-ketoglutarate could attenuate these changes. AKG was added at two concentrations: 1% and 2% (w/w) to the basic food. Forty-eight female C57BL/6J mice (3-4 months old) were used in the study. All animals were housed under standard laboratory conditions. The experimental design included six groups. Control animals were housed in standard social housing (four per cage) and received either a standard diet alone or a diet supplemented with 1% or 2% AKG. In parallel, three additional groups were subjected to chronic social isolation by individual housing for two months, with each group receiving the corresponding diet (standard, 1% AKG, or 2% AKG).

At the end of the experimental period, behavioral assessment was performed using standard anxiety-related tests. In the elevated plus maze, anxiety and exploratory activity were assessed by measuring the time spent in the open and closed arms, as well as the number of entries into each arm. Assessment was also performed using the light-dark box test, which is based on the natural tendency of rodents to avoid brightly lit areas. The latency to enter the light compartment, the duration of stay in both compartments, and the number of transitions between them were recorded. Statistical analysis was performed using a two-way analysis of variance (ANOVA) to determine the effects of housing conditions, AKG supplementation, and their interaction. Tukey's post hoc test was used for pairwise comparisons. All procedures were performed in accordance with ethical standards for laboratory animal research.

Two-month social isolation in mice led to a pronounced anxiety-like phenotype, which was characterized by a significant reduction in exploratory activity and increased avoidance of aversive areas. In the elevated plus maze and light-dark box tests, isolated animals exhibited a marked decrease in the time spent and number of entries into open and light compartments, particularly under 2% AKG supplementation. This suggests that AKG appeared to consolidate anxiety-driven behaviors rather than mitigate them. While 1% AKG showed a mild trend toward supporting exploratory tendencies in grouped mice, its effectiveness in isolated subjects was limited, as evidenced by the sustained preference for closed and dark zones. These findings indicate that the efficacy of AKG is contingent upon the social environment and specific dosage. Chronic social isolation appears to counteract the potential metabolic benefits of AKG, resulting in persistent anxiety-like behavior. This behavioral inhibition occurs independently of physical capacity, as general locomotor activity remained unaffected across all experimental groups.

Sulyma V., Kudina I., Volyanska O., Chupashko O.

LACTATE SIGNALING AND BIOMARKER POTENTIAL IN SUBCLINICAL HYPOTHYROIDISM

Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Pekarska St., 69, Lviv, 79005, Ukraine; e-mail: vitaliy.sulyma01@gmail.com

Thyroid dysfunctions, particularly at the subclinical stage, present significant diagnostic challenges, making the timely identification of latent hypothyroidism crucial for restoring thyroid homeostasis. Modern metabolic research has shifted the paradigm regarding lactate; it is no longer viewed merely as a "waste product" of anaerobic glycolysis, but as a key signaling molecule – an alokine – that coordinates communication between various cells, organs, and tissues regardless of oxygen availability.

Experimental modeling of latent hypothyroidism reveals a distinct metabolic shift characterized by the significant accumulation of lactic acid across multiple biological media. Specifically, blood lactate levels increase by 43.9%, with a nearly identical trend observed in hepatic tissues (43.2%). In the myocardium, lactate concentrations rose from 2.74 + 0.25 to 3.58 + 0.14 mmol/l, representing a 30.7% increase compared to control groups ($p < 0.05$). This profile indicates a fundamental redirection of energy metabolism caused by impaired aerobic oxidative pathways.

Given the high energy demands of the heart and liver, a prolonged reliance on anaerobic processes may disrupt overall metabolic stability. However, lactate also functions as a vital feedback regulator. Its role in maintaining metabolic integrity, modulating immunity, and influencing cardiovascular responses suggests that its elevation may be part of an adaptive signaling response to thyroid hormone deficiency. Consequently, monitoring lactate metabolism serves as a valuable prognostic tool for identifying early-stage thyroid failure. At the same time, further research into lactate-mediated signaling pathways may clarify the metabolic crosstalk between tissues under subclinical hypothyroidism and uncover novel therapeutic targets for managing subclinical conditions.

Tkaczenko H.[1], Grudniewska J.[2], Kurhaluk N.[1]

DIETARY B-1,3/1,6-GLUCAN SUPPLEMENTATION MODULATES OXIDATIVE STRESS, ENERGY METABOLISM AND LYSOSOMAL ENZYME ACTIVITY IN THE MUSCLE OF EUROPEAN GRAYLING (*THYMALLUS THYMALLUS* L.)

[1]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; [2]Department of Salmonid Research, Stanisław Sakowicz Institute of Inland Fisheries, Rutki, Żukowo, 83-330, Poland; e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

The sustainability of aquaculture increasingly depends on nutritional strategies that enhance the resilience of fish to environmental stressors and improve their physiological performance. The European grayling (*Thymallus thymallus* L.) is a promising cold-water aquaculture species due to its relatively rapid growth and adaptability (Rodrigues et al., 2020). However, information regarding its biochemical stress markers is limited. β-Glucans, particularly those derived from yeast, are widely recognised as immunostimulants capable of enhancing antioxidant defences and metabolic regulation in fish (Vetvicka et al., 2013; Hadiuzzaman et al., 2022; Petit et al., 2022).

This study examined the impact of 1% dietary supplementation with β-1,3/1,6-glucan for 15, 30 and 45 days on oxidative stress parameters, antioxidant defence systems, energy metabolism enzymes and lysosomal enzyme activity in the muscle tissue of European grayling (n = 66). The following were assessed: lipid peroxidation (TBARS), oxidative protein modification (OMP), total antioxidant status (TAS), antioxidant enzymes (SOD, CAT, GPx and GR), metabolic enzymes (ALT, AST, LDH and SDH), lactate and pyruvate levels, and lysosomal enzymes (AcP, NAG, AAP and LAP). Statistical analyses (ANOVA, MANOVA and multiple regression) revealed significant effects of glucan supplementation and feeding duration on most of the biochemical parameters assessed.

Supplementation with β-glucan significantly reduced lipid peroxidation and oxidative protein damage, particularly after 15 days, indicating a rapid protective effect against reactive oxygen species (ROS). This is consistent with previous findings in teleosts (Ai et al., 2007; Dawood et al., 2017). Prolonged feeding increased total antioxidant capacity, suggesting an adaptive upregulation of endogenous defence mechanisms. The modulation of SOD and CAT activities, alongside transient GPx elevation, reflects the coordinated regulation of antioxidants, as has been observed in fish undergoing dietary immunostimulant treatment (Biller-Takahashi and Urbinati, 2014).

Metabolic enzyme responses indicated a shift in muscle energy pathways. Increased LDH activity and elevated lactate and pyruvate levels during the initial stages of supplementation suggest enhanced anaerobic glycolysis, whereas decreased SDH activity may indicate altered mitochondrial oxidative metabolism. Changes in ALT and AST activities support the involvement of amino acid metabolism in energy homeostasis, in agreement with previous reports on dietary functional additives in fish (Wu et al., 2016).

Furthermore, the increased activity of lysosomal enzymes (AcP and NAG) indicates enhanced intracellular degradation and immune-related processes, which supports the immunemodulatory role of β-glucans (Dalmo and Bøgwald, 2008). High coefficients of determination (R^2) in regression models for key oxidative and antioxidant markers confirm the significant contribution of glucan supplementation to modulation of muscle biochemical status.

Thus, dietary supplementation with β-1,3/1,6-glucan effectively mitigates oxidative stress, modulates energy metabolism and stimulates lysosomal enzyme activity in the muscle of European grayling. These findings support the use of β-glucans as a functional feed additive to improve the health and physiological resilience of *Thymallus thymallus* in aquaculture systems.

The authors would like to thank the Pomeranian University in Słupsk for its support of this research project.

Tkaczenko H.[1], Lukash O.[2], Yakovenko O.[2], Opryshko M.[3], Maryniuk M.[3], Gyrenko O.[3], Buyun L.[3], Kurhaluk N.[1]

COMPARATIVE EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT POTENTIAL OF MULTIFLORAL HONEYS FROM POLAND AND HUNGARY

[1]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewski St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; [2]Department of Ecology, Geography and Nature Management, T. H. Shevchenko National University "Chernihiv Collegium", Hetmana Polubotka St., 53, Chernihiv, 14000, Ukraine; [3]M. M. Gryshko National Botanic Garden, National Academy of Science of Ukraine, Sadovo-Botanichna St., 1, Kyiv, 01014, Ukraine; e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Honey is one of the most complex natural products of plant origin. It is synthesised by *Apis mellifera* bees from floral nectar, honeydew or plant secretions (Durazzo et al., 2021). As well as being used traditionally as a natural sweetener, honey is widely recognised as a biologically active food with well-documented antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and wound-healing properties (Anjos and& Miguel, 2025; Tlak Gajger et al., 2025). The growing scientific interest in honey as a functional food is largely due to its rich phytochemical profile, particularly the presence of phenolic acids and flavonoids. These compounds are responsible for honey's ability to neutralise reactive oxygen species (ROS) and protect biological systems from oxidative damage (Cianciosi et al., 2018; Sharaf El-Din et al., 2025; Saad, 2025). In contrast, artificial honey mainly consists of simple sugars and lacks enzymatic and phenolic constituents, resulting in negligible activity (Hu et al., 2024).

The antioxidant properties of honey are strongly influenced by its botanical and geographical origin, as these factors determine the qualitative and quantitative composition of its bioactive compounds (Al-Kafaween et al., 2023; Bereksi-Reguig et al., 2024). Darker, multifloral honeys generally have a higher total phenolic content (TPC) and stronger antioxidant capacity than lighter, monofloral varieties (Gheldof and Engeseth, 2002). Central European countries such as Poland and Hungary have long-standing beekeeping traditions and diverse floral resources, resulting in regionally distinct honeys that could have high functional value (Gośliński et al., 2020; Majewska et al., 2024).

This study aimed to evaluate the antioxidant properties of multifloral honeys obtained from selected beekeepers in Poland and Hungary, contrasting them with a commercially available artificial honey used as a negative control. A multi-assay analytical approach was employed to assess the antioxidant capacity comprehensively: ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie and Strain, 1996); total phenolic content (TPC) using the Folin-Ciocalteu method (Singleton et al., 1999); total antioxidant capacity (TAC) based on ascorbic acid equivalents (Chen et al., 2000); and DPPH radical scavenging activity (Velázquez et al., 2003). One-way ANOVA was performed, followed by Tukey's post hoc test ($p < 0.05$) and Pearson correlation coefficients were calculated between antioxidant parameters (Zar, 1999).

The results demonstrated the superiority of natural honeys over artificial honey to be pronounced and statistically significant across all analytical methods. The FRAP values of natural multifloral honeys ranged from 1,875.65 to 2,569.12 μmol TE·kg^{-1}, which is up to 25.7 times higher than the value for artificial honey (99.85 μmol TE·kg^{-1}). The highest reducing power was recorded in honey from the 'Karolczak Cezary' apiary in Sławno, Poland. The total phenolic content of the natural samples ranged from 612.74 to 725.85 mg GAE·kg^{-1}, which is approximately five to six times higher than that of artificial honey (121.54 mg GAE·kg^{-1}). The highest TPC was observed in honey from the 'Zaczarowany Ogród' apiary (Złocieniec, Poland).

Similarly, the total antioxidant capacity (TAC) of natural honeys (18.54–20.14 mg AA·100 g^{-1}) was approximately 5.5 times higher than the control value of 3.52 mg AA·100 g^{-1}. The DPPH assay confirmed the presence of strong radical scavenging activity in natural honeys (39.05–44.29% inhibition), in contrast to the mere 12.01% inhibition observed in artificial honey. A strong positive correlation ($r > 0.85$; $p < 0.05$) was observed between TPC and FRAP, DPPH

and AC values, confirming that phenolic compounds are the main contributors to antioxidant activity (Cianciosi et al., 2018; Becerril-Sánchez et al., 2021).

The high antioxidant capacity observed in both the Polish and Hungarian samples suggests that the multifloral origin and floral biodiversity of honey are more important factors in determining its bioactivity than national origin alone (Scholz et al., 2020; Schiassi et al., 2021). These findings are consistent with previous reports demonstrating strong associations between phenolic composition, colour intensity and antioxidant potential (Moniruzzaman et al., 2014; Bouhlali et al., 2016).

In conclusion, natural multifloral honeys from Poland and Hungary have significantly higher antioxidant properties than artificial honey, as confirmed by additional analytical tests. Their high phenolic content and strong reducing and radical-scavenging capacity support their classification as functional foods with potential health-promoting benefits related to the modulation of oxidative stress. Artificial honey, devoid of phytochemical constituents, cannot substitute for natural honey in terms of biological activity. These results emphasise the significance of botanical diversity and regional environmental conditions in shaping the functional quality of European honeys, and encourage further research into their nutraceutical applications.

Trofimova O., Paryzhak S.

IN VIVO BIOCOMPATIBILITY OF POLY(2-OXAZOLINE)-COATED LIPID NANOCAPSULES: COMPARISON WITH PEGYLATED SYSTEMS

State Non-commercial Enterprise "Danylo Halytsky Lviv National Medical University", Pekarska St., 69, Lviv, 79010, Ukraine; e-mail: sola.paryzhak@gmail.com

Photodynamic therapy (PDT) is a minimally invasive oncological treatment strategy that utilizes photosensitizing agents activated by light of specific wavelengths in the presence of oxygen to generate reactive oxygen species (ROS). The generated ROS induce tumor cell death through apoptosis, necrosis, and vascular damage (Barras et al., 2018). Despite its therapeutic advantages, including localized action and reduced systemic toxicity, the clinical performance of PDT is often constrained by the hydrophobicity of many photosensitizers, limited tumor accumulation, and inefficient intracellular delivery. Lipid nanocapsules (LNCs) have been proposed as advanced drug delivery systems capable of improving photosensitizer stability, pharmacokinetic behavior, and tumor targeting through the enhanced permeability and retention effect (Keerikkadu et al., 2025).

Surface modification significantly influences nanoparticle circulation, immune interactions, and overall biological compatibility. Polyethylene glycol (PEG) has long been employed to prolong nanoparticle circulation time; however, PEGylated nanocarriers have shown potential drawbacks, including immunogenic reactions, oxidative susceptibility, hypersensitivity responses, and limited possibilities for chemical functionalization (Yao et al., 2023; Padín-González et al., 2023). Consequently, alternative hydrophilic polymers are being actively explored. Poly(2-oxazoline) (POx) has recently attracted attention as a promising substitute due to its favorable biocompatibility, reduced immune recognition, and adaptable chemical structure (Holick et al., 2025).

The aim of this study was to assess the *in vivo* toxicity and biocompatibility of pH-responsive poly(2-oxazoline)-modified lipid nanocapsules (POx-LNCs) in comparison with conventional PEG-coated LNCs as potential nanocarriers for PDT.

The POx-LNC formulations were developed by our partners at the Laboratory of Translational Micro- and Nanomedicine, University of Angers (France). These nanocarriers are designed to provide controlled release of encapsulated agents in the acidic tumor microenvironment. LNC systems are known for their high colloidal stability, favorable cytocompatibility, and ability to incorporate both hydrophilic and hydrophobic therapeutic compounds.

In vivo safety was evaluated using male BALB/c mice (6–8 weeks old, 20–25 g) in accordance with approved ethical standards (Bioethics Committee of the Institute of Cell Biology, NAS of Ukraine, Protocol No. 2025-4). Animals were randomly assigned to four groups (n = 5). Experimental groups received a single intraperitoneal injection of PEG-LNCs or POx-LNCs at a dose of 2×10^{14} nanoparticles per 100 g body weight, while control animals were administered phosphate-buffered saline. Body weight, behavioral activity, and general health condition were monitored over a 15-day observation period.

No evidence of systemic toxicity or behavioral abnormalities was detected. Mice in all experimental groups remained active, maintained normal feeding patterns, and demonstrated weight gain comparable to controls. Notably, POx-coated LNCs exhibited a safety profile similar to PEGylated formulations, suggesting that substitution with POx does not increase biological toxicity.

Thus, poly(2-oxazoline)-modified lipid nanocapsules exhibit favorable *in vivo* biocompatibility comparable to PEG-coated systems. Given their chemical versatility, potentially lower immunogenicity, and comparable safety characteristics, POx-LNCs represent a promising PEG-free alternative for the development of next-generation nanocarriers in PDT. Further studies addressing therapeutic efficacy and long-term immunological effects are needed to support their future translational application in precision oncology.

Utegenova J.

BIOETHICAL PROBLEMS OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICINE

Samarkand State Institute of Foreign Languages, Bustonsaroy St., 93, Samarkand, Uzbekistan; e-mail: jamila@gmail.com

Artificial intelligence (AI) has become one of the most transformative technologies in modern healthcare. AI-based systems are widely applied in medical imaging diagnostics, predictive analytics, clinical decision support systems, robotic surgery, personalized medicine, and drug development. Machine learning algorithms enable the processing of large-scale clinical datasets, improving diagnostic accuracy and optimizing treatment strategies. However, despite its significant advantages, the rapid integration of AI into healthcare raises a number of serious bioethical challenges that require systematic evaluation and regulatory control.

One of the primary bioethical concerns is patient autonomy. Clinical decision-making traditionally relies on the interaction between physician and patients. The introduction of AI systems may shift part of this decision-making process to algorithmic models, which can potentially weaken the direct patient involvement. When physicians depend heavily on AI-generated recommendations, there is a risk that clinical reasoning may become less transparent. Patients may not fully understand how AI systems arrive at specific conclusions, which may complicates informed consent. Ethical medical practice requires that patients receive clear explanations of their diagnosis and treatment options. If AI algorithms function as "black boxes," ensuring transparency becomes challenging (Topol, 2019).

Another critical issue is data privacy and confidentiality. AI systems require vast amounts of medical data, including personal health records, genetic information, imaging data, and behavioral patterns. The collection, storage, and processing of such sensitive information increase the risk of data breaches and unauthorized access. Medical data misuse can lead to discrimination, stigmatization, or insurance inequality. Ethical principles demand strict data protection mechanisms, anonymization procedures, and compliance with international standards such as GDPR. However, in many countries, legal frameworks are still insufficiently adapted to the realities of AI-driven healthcare technologies. Algorithmic bias represents another significant ethical problem. AI systems learn from historical datasets. If these datasets contain biases related to gender, ethnicity, socioeconomic status, or geographic location, the algorithm may reproduce or even amplify these inequalities. For example, diagnostic tools trained primarily on data from specific populations may demonstrate reduced accuracy when applied to underrepresented groups (Obermeyer et al., 2019). This creates disparities in healthcare outcomes and contradicts the ethical principle of justice, which requires equal access to medical care and fair treatment for all patients. Ensuring diverse and representative datasets is therefore a crucial ethical and scientific responsibility.

Another bioethical aspect concerns the use of AI in predictive medicine and genomics. AI systems can predict the probability of developing certain diseases based on genetic and lifestyle data. Although such predictions enable preventive strategies, they may also create psychological pressure or social discrimination. Individuals identified as "high risk" may experience anxiety, altered self-perception, or social stigma. Ethical guidelines must ensure that predictive information is communicated responsibly and used only for beneficial purposes.

In conclusion, artificial intelligence offers enormous potential for improving medical accuracy, efficiency, and accessibility. However, its application also generates substantial bioethical challenges, including issues of autonomy, privacy, justice, accountability, transparency, and preservation of human dignity. Sustainable integration of AI into healthcare requires comprehensive ethical frameworks, international regulation, transparent algorithm design, and continuous human supervision. Only through responsible implementation can AI serve as a tool that strengthens, rather than undermines, the fundamental principles of medical ethics.

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН
PLANT PHYSIOLOGY

Бачинська Л., Пацула О., Макар О.

ВПЛИВ БІОВУГІЛЛЯ НА ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН *ZEA MAYS* L. ЗА УМОВ МОДЕЛЬОВАНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: bachynskaluda@gmail.com

Bachynska L., Patsula O., Makar O. THE EFFECT OF BIOCHAR ON THE PHYSIOLOGICAL STATE OF *ZEA MAYS* L. UNDER CONDITIONS OF MODELED SOIL CONTAMINATION WITH HEAVY METALS. Military actions in Ukraine have caused extensive soil contamination with heavy metals (Pb, Zn) due to ammunition detonation and equipment destruction. High bioavailability of these metals threatens agrocenoses, particularly maize (*Zea mays* L.). This study investigated the effect of low-dose biochar on Pb and Zn immobilization and plant physiological status under simulated contamination. Results showed that the selected biochar concentration was insufficient to mitigate the pronounced phytotoxic effect, which caused significant growth inhibition and pigment degradation. Thus, the applied rate fell below the minimum effective dose, necessitating further research with increased application rates for successful soil restoration.

Військова агресія на території України спричинила масштабне забруднення ґрунтів важкими металами (Pb, Zn) внаслідок детонації боєприпасів та руйнування техніки. Дослідження у Харківській та Сумській областях фіксують механічне перемішування горизонтів та локальне зростання концентрації цих металів (Чайка, Короткова, 2023). Висока біодоступність Pb та Zn загрожує агроценозам, зокрема кукурудзі. Метою роботи було дослідити вплив низьких доз біовугілля на іммобілізацію важких металів та фізіологічний стан рослин за умов модельованого забруднення.

Об'єктом дослідження були рослини *Zea mays* L. (сорт «Кадр 267МВ»). Модельне забруднення ґрунту створювали розчинами солей Pb та Zn (637 та 454 мг/кг відповідно), що імітує техногенне навантаження в зонах бойових дій. Як ремедіант вносили біовугілля (0,26% від маси ґрунту). Вміст хлорофілів *a* і *b* та каротиноїдів визначали спектрофотометрично після екстракції висічок листя у ДМСО (65°С, 45 хв) без мацерації тканин (Hiscox & Israelstam, 1979) при довжинах хвиль 665, 649 та 480 нм. Паралельно фіксували біомасу, висоту та кількість листків рослин.

Результати фотометричного аналізу показали, що присутність іонів Pb та Zn у ґрунтовому розчині викликає виражений токсичний ефект у рослин. У варіантах із забрудненням спостерігалося зниження вмісту хлорофілів (*a* та *b*) та каротиноїдів, а також пригнічення ростових процесів порівняно з умовною нормою, що узгоджується з відомими даними про фітотоксичність цих металів. Внесення біовугілля у дозі 0,26% не спричинило достовірних змін фізіологічної відповіді рослин порівняно із забрудненням без ремедіанта. Вміст фотосинтетичних пігментів у дослідній групі залишався на рівні, статистично не відмінному від контрольної групи. Морфометричні показники (ріст та маса) також не продемонстрували тенденції до відновлення, що свідчить про збереження високого рівня стресу у рослин. Таким чином, в результаті досліджень встановлено, що використання біовугілля за низьких концентрацій достовірно не покращило фізіологічний стан досліджуваних рослин, а модельоване забруднення ґрунту свинцем та цинком, що імітує наслідки військових дій, чинить виражений фітотоксичний вплив, спричиняючи пригнічення росту та зниження рівня фотосинтетичних пігментів. Отже, застосована концентрація біовугілля є нижчою за мінімальну ефективну дозу, що вимагає проведення подальших досліджень із підвищеними нормами внесення для успішного відновлення ґрунтів.

Віліжінська В., Жучковський С., Руденко Д.

ВПЛИВ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ПОКАЗНИКИ ІНДУКЦІЇ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ У РОСЛИН ОГІРКА

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, вул. Острозького, 32, м. Вінниця, 21100, Україна; e-mail: vilizinskav@gmail.com

Vilizhinska V., Zhuchkovsky S., Rudenko D. INFLUENCE OF GROWTH STIMULATORS ON CHLOROPHYL FLUORESCENCE INDUCTION INDICATORS IN CUCUMBER PLANTS. Growth stimulants of auxin and cytokinins types optimized the photosynthetic apparatus of cucumber culture by increasing the maximum quantum efficiency of photochemical reactions of PSII, intensification of CO_2 assimilation, increasing the rate of linear electron transport, and increasing the coefficient of photochemical quenching of chlorophyll fluorescence, which characterizes the proportion of open PSII reaction centers with a simultaneous decrease in the proportion of PSII reaction centers that do not reduce the Q_B acceptor.

Фотосинтетичний апарат огірка є чутливим показником фізіологічного стану рослин. Оцінка його активності методом індукції флуоресценції хлорофілу дає змогу визначити ефективність фотохімічних процесів Фотосистеми ІІ (ФСІІ) та простежити зміни за дії стимуляторів росту (Brayon et al., 2000).

Польові дрібноділянкові досліди закладали на дослідних ділянках Вінницької обласної станції юних натуралістів у 2025 р. Рослини обробляли вранці за допомогою обприскувача СО-12 “Marolex” (Польща) до повного змочування листків 0,005% розчинами ІОК, 1-НОК, 6-БАП та 6-ФАП (Китай), у фазі бутонізації. Активність фотосинтетичного апарату вивчали за параметрами індукції флуоресценції хлорофілу. З цією метою було використано портативний однопроменевий флуориметр «Флоратест», розроблений Інститутом кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України. Результати отримували у вигляді кривої Каутського, яка відображає часову залежність інтенсивності флуоресценції хлорофілу. Нами встановлено, що у фазі карпогенезу рівень варіабельної флуоресценції (F_v) за обробки 1-НОК та 6-БАП достовірно зростав (28 і 38%), тоді як за дії нативних стимуляторів росту ІОК та 6-ФАП достовірно не змінювався. Найважливішим параметром, що аналізують в процесі дослідження індукції флуоресценції хлорофілу, є максимальна квантова ефективність фотохімічних реакцій ФСІІ ($F_v / F_m = K_l$). Він використовується як критичний індикатор продуктивності фотосинтетичного апарату рослин з оптимальними значеннями близько 0,83 (Bjorkman & Demmig, 1987). Результати наших досліджень свідчать, що він у більшості варіантів досліду мав тенденцію до зростання, а після обробки 6-БАП зростав достовірно (12%). Коефіцієнт зниження флуоресценції хлорофілу, що корелює з інтенсивністю асиміляції CO_2 ($(F_m – F_s) / F_s = K_g$), суттєво перевищував контроль за обробки усіма стимуляторами росту. Також усі стимулятори росту на 33–48% підвищували у порівнянні з контролем фактичну квантову ефективність фотохімії ФСІІ, що характеризує частоту транспорту електронів ($(F_m – F_s) / F_m = K_f$) і вказує на рівень активності фотосинтетичних.

Коефіцієнт фотохімічного гасіння флуоресценції хлорофілу, що характеризує частку відкритих реакційних центрів ФСІІ ($(F_m – F_s) / (F_m – F_0) = K_q$), достовірно перевищував контроль за обробки усіма стимуляторами росту: менше – після застосування нативних препаратів (18–19%) і більше – за дії синтетичних препаратів (34–35%). Показник частки реакційних центрів ФСІІ, що не відновлюють акцептор Q_B ($(F_p – F_0) / F_v = K_n$), характеризує відносну кількість неактивних реакційних центрів, які не беруть участі у транспорті електронів на пул пластохінонів. У контрольних рослин частка Q_B-невідновлювальних центрів у фазі карпогенезу була значно більшою, ніж у варіанті з рістстимуляторами, що вказує на високу ефективність використання реакційних центрів ФСІІ після застосування стимуляторів росту.

Отже, стимулятори росту оптимізували фотосинтетичний апарат культури огірка, що може бути передумовою підвищення біологічної продуктивності культури.

Гаврилюк В., Мамчур О.

РІСТ ПРОРОСТКІВ КРОПУ ЗА ВПЛИВУ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РЕГОПЛАНТУ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: viktoriia.havryliuk.blb@lnu.edu.ua

Havryliuk V., Mamchur O. GROWTH OF DILL SEEDLINGS UNDER THE INFLUENCE OF THE PLANT GROWTH REGULATOR REGOPLANT. Regoplant is a complex biostimulant that enhances plant resistance and promotes physiological processes. Dill (*Anethum graveolens* L.) was used as a model plant. Seeds treated with Regoplant (0.5% and 1%) showed a concentration-dependent response. The 0.5% solution had the strongest positive effect on germination and seedling growth. The result indicate the potential of Regoplant for improving early plant development of the dill.

У сучасному агрономічному виробництві важливим завданням є пошук екологічно безпечних методів стимуляції росту рослин. Одним із таких засобів є препарат Регоплант, що містить амінокислоти, пептиди, вітаміни та фітогормони. Метою дослідження було визначення впливу препарату Регопланту на проростання насіння та ріст проростків кропу (*Anethum graveolens* L.) у контрольованих умовах.

Дослідження проводили в лабораторних умовах із використанням чашок Петрі та в тепличних умовах у горщиках з перлітом з подальшим поливом поживним розчином Кнопа. Насіння замочували протягом 1 год у розчинах відповідної концентрації, контроль – у дистильованій воді. Пророщування здійснювали за температури 24 ± 1°C. Визначали енергію проростання, лабораторну схожість, довжину кореня і пагона, масу сирої речовини. Кількісний вміст хлорофілів визначали спектрофотометричним методом.

Встановлено, що передпосівна обробка насіння препаратом Регоплант позитивно впливала на динаміку проростання та морфометричні показники проростків кропу. Найбільш виражений стимулюючий ефект спостерігався за концентрації 0,5%, що проявлялося у збільшенні довжини кореня та надземної частини, а також збільшенні біомаси рослин порівняно з контролем. Обробка також сприяла підвищенню кількісного вмісту фотосинтетичних пігментів.

Отримані результати свідчать про доцільність використання препарату Регоплант для передпосівної обробки насіння кропу з метою стимуляції ростових процесів та підвищення ефективності вирощування культури.

Гафич Т., Кобилецька М.

БІОХІМІЧНІ ТА АЛЕЛОПАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ HERACLEUM SOSNOWSKYI ПОРІВНЯНО З SOLIDAGO CANADENSIS ТА LUPINUS POLYPHYLLUS

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: hafich2004@gmail.com

Hafych T., Kobyletska M. BIOCHEMICAL AND ALLELOPATHIC CHARACTERISTICS OF *HERACLEUM SOSNOWSKYI* COMPARED WITH *SOLIDAGO CANADENSIS* AND *LUPINUS POLYPHYLLUS.* Invasive plants are non-native species that establish stable populations outside their natural ranges, spread rapidly, and reduce biodiversity. This study compared *Heracleum sosnowskyi*, *Solidago canadensis*, and *Lupinus polyphyllus* to assess their physiological, biochemical, and allelopathic traits. Allelopathy was tested using a bioassay on *L. sativum* seedlings, and polyphenols, MDA, chlorophyll *a* and *b*, amine nitrogen, and lignin were measured. The findings suggest that *H. sosnowskyi* gains a competitive advantage through strong allelopathic effects combined with biochemical indicators of stress resistance, supporting the role of allelopathy and related metabolic and structural changes in invasive success.

Інвазійні види рослин є важливим чинником трансформації природних екосистем, які поза межами природного ареалу формують стійкі популяції, активно поширюються, витісняють аборигенну рослинність і знижують видове різноманіття. Їх поширення зумовлене екологічною пластичністю, а конкурентні переваги часто підтримуються фізіолого-біохімічними та алелопатичними механізмами (Протопова, Шевера, 2019; Малиновський, 2019). У роботі порівнювали *Heracleum sosnowskyi*, *Solidago canadensis* і *Lupinus polyphyllus* як інвазійні види з різними стратегіями домінування.

Метою було проаналізувати фізіолого-біохімічні та алелопатичні особливості *H. sosnowskyi* у порівнянні із *S. canadensis* і *L. polyphyllus*. Алелопатичний ефект визначали методом біотестування на проростках *L. sativum*, оцінюючи, наскільки водні екстракти з підземних і надземних органів рослин пригнічують ріст та розвиток кореневої системи. Вміст поліфенольних сполук визначали спектрофотометрично за методом Фоліна-Чокальтеу. Інтенсивність перекисного окислення ліпідів оцінювали за концентрацією малонового діальдегіду у реакції з 2-тіобарбітуровою кислотою. Пігментний склад визначали фотометрично за вмістом хлорофілів *a* та *b*. Вміст амінного азоту встановлювали фотометрично за методом Ястрембовича-Калініна. Вміст лігніну визначали йодометричним методом (Романюк, Цвілинюк, 2005).

Узагальнені результати засвідчують, що *H. sosnowskyi* характеризується вираженим комплексом фізіолого-біохімічних і алелопатичних ознак, які формують його конкурентні переваги в рослинних угрупованнях. Порівняльний аналіз із *S. canadensis* та *L. polyphyllus* показав, що за більшістю досліджених показників *H. sosnowskyi* демонструє вищі значення, що може відображати підвищену метаболічну активність і значний потенціал до домінування. Важливою складовою конкурентоспроможності *H. sosnowskyi* є висока алелопатична активність, яка проявляється у здатності хімічно пригнічувати проростання та ріст інших рослин і, відповідно, посилювати конкурентний тиск на аборигенні та супутні види. Водночас нижчий рівень малонового діальдегіду у *H. sosnowskyi* свідчить про відносно меншу інтенсивність перекисного окиснення ліпідів, що вказує на ефективніші механізми антиоксидантного захисту.

Отже, проведені дослідження підтверджують, що *H. sosnowskyi* володіє високою алелопатичною активністю, поєднання якої з низькою інтенсивністю перекисного окиснення ліпідів вказує на виняткову стійкість виду до стресових чинників та його здатність до хімічного впливу на аборигенні види.

Головіна Н., Кобилецька М.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ ВПЛИВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНИХ РОЗЧИНІВ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: nataliia.holovina@lnu.edu.ua,

Holovina N., Kobyletska M. COMPARATIVE INFLUENCE OF ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED SOLUTIONS ON PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT. The article investigates the effects of electrochemically activated solutions (catholyte and anolyte) obtained from Knop's solution and distilled water on seed germination, growth, and physiological and biochemical parameters of radish (cv. '18 Karat') at early ontogenetic stages. It was established that the effect depends on both the polarity of activation and the type of nutrient medium: the catholyte, based on Knop's solution, stimulated growth processes, whereas the anolyte predominantly inhibited them, substantiating the need for a differentiated approach in applying such solutions in agricultural technologies.

Впровадження екологічно безпечних електрохімічно активованих розчинів дозволяє мінімізувати антропогенний вплив на агроекосистеми. Активація змінює pH, ОВП та електропровідність середовищ, що зумовлює варіабельні реакції рослин. Метою роботи було з'ясувати залежність дії католіту та аноліту від типу вихідного середовища (дистильована вода чи розчин Кнопа) у формуванні ростових і фізіолого-біохімічних реакцій. Метою дослідження було порівняти вплив електрохімічно активованого середовища Кнопа та електрохімічно активованої дистильованої води на проростання насіння, морфометричні та фізіолого-біохімічні показники редиски на ранніх етапах онтогенезу.

Об'єктом дослідження слугувала редиска сорту «18 карат». Насіння пророщували у шести варіантах: контроль (середовище Кнопа, дистильована вода), католіти (середовище $Кнопа^{-}$, $вода^{-}$) та аноліти (середовище $Кнопа^{+}$, $вода^{+}$). Визначали енергію проростання та схожість насіння, довжину кореня і пагона, біомасу, вміст хлорофілів *a* і *b*, каротиноїдів та антоціанів.

Встановлено, що енергія проростання у всіх варіантах із середовищем Кнопа становила 100%, тоді як у дослідах із електрохімічно активованою дистильованою водою знижувалася до 90%. Аналогічна тенденція простежувалася і для схожості насіння. Католіт середовища Кнопа стимулював ріст пагонів – на 14-ту добу їх довжина перевищувала контроль на 18%. На 3–7 добу католіт також сприяв розвитку кореневої системи, однак у подальшому цей ефект нівелювався. Аноліт проявляв переважно пригнічувальну дію на ріст пагонів і коренів. Біомаса змінювалася залежно від середовища: католіт Кнопа стимулював ріст пагонів, а аноліт – коренів. У дистильованій воді католіт підвищував вміст сухої речовини пагонів. Вміст хлорофілів у середовищі Кнопа знижувався (особливо за дії аноліту), а в дистиляті – зростав під впливом обох розчинів. Вміст каротиноїдів був максимальним у контролі та знижувався вдвічі під дією аноліту. Найвищу концентрацію антоціанів зафіксовано у варіанті середовища $Кнопа^{-}$.

Отже, встановлено, що вплив електрохімічно активованих розчинів визначається не лише полярністю активації, але й типом вихідного середовища. Поживна основа модифікує ростові та біохімічні реакції редиски, що свідчить про необхідність диференційованого підходу до застосування католіту та аноліту в технологіях вирощування культур.

Головка В., Макар О.

ВМІСТ ФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК У ЕКСТРАКТАХ *SILENE BACCIFERA* L.

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: viktoriia.holovka@lnu.edu.ua

Holovka V., Makar O. CONTENT OF PHENOL COMPOUNDS IN *SILENE BACCIFERA* L. EXTRACTS. The study investigates the effect of different solvents (80% ethanol, 70% ethanol, and water) on the efficiency of phenolic compound extraction from the leaves of *Silene baccifera* L. (Cucubalus baccifer). The total phenolic content was determined spectrophotometrically at 765 nm using the Folin-Ciocalteu method. Quantitative analysis revealed that 80% ethanol and 70% ethanol provide the highest extraction yield (78.97 and 78.45 mg GAE/g respectively). These findings highlight the pharmaceutical potential of *S. baccifera* as a significant source of antioxidants, traditionally used for its hemostatic and anti-inflammatory properties.

Науковий інтерес до *Silene baccifera* L. (смілка ягідна) зумовлений її традиційним використанням як гемостатичного та протизапального засобу, що пов'язано з комплексом вторинних метаболітів (Mamadalieva et al., 2014). Хемотаксономічною особливістю родини *Caryophyllaceae* є накопичення С-глікозидів флавонів та фенолокислот, які забезпечують високу антиоксидантну здатність сировини (Richardson, 1978; Bastida et al., 2020). Оскільки кількісний вміст фенолів у *S. baccifera* раніше не був детально описаний, актуальним завданням є підбір оптимального методу екстракції та екстрагента для оцінки її біофармацевтичного потенціалу. Дослідження поліфенольного комплексу цього виду є стратегічно важливим, оскільки фенольні сполуки гвоздичних виявляють широкий спектр біологічної активності, включаючи антимікробну дію та здатність інгібувати ферменти запальних процесів. Це дає підстави розглядати *S. baccifera* як перспективне джерело природних антиоксидантів для сучасної фармацевтичної галузі (Mamadalieva et al., 2014).

Метою роботи було визначити та порівняти загальний вміст фенольних сполук у водних та водно-спиртових екстрактах (70% та 80% етиловий спирт) листків *S. baccifera,* отриманих методом мацерації. Для аналізу використовували 1 г сухої сировини та 22 мл екстрагента. Методика включала мацерацію: кип'ятіння (15 хв) та охолодження (45 хв). Вміст фенольних сполук визначали спектрофотометрично з реактивом Фоліна-Чокальтеу та Na_2CO_3 при 765 нм. Розрахунок проводили за калібрувальною кривою, побудованою за галовою кислотою (ГК) у діапазоні концентрацій 0–250 мкг/мл.

У ході експерименту встановлено, що природа розчинника не суттєво впливає на вихід вмісту фенольних сполук, отриманих методом мацерації. За результатами розрахунків, вміст фенольних сполук в екстрактах, отриманих з листків *S. baccifera,* змінювався в межах похибки. У 80% водно-спиртових екстрактах вміст фенольних сполук становив 78,97 ± 5,18 мг-екв. ГК/г сухої речовини; у 70% водно-спиртових екстрактах – 78,45 ± 0,89 мг-екв. ГК/г сухої речовини; у водних екстрактах – 76,092 ± 2,16 мг-екв. ГК/г сухої речовини.

Згідно з літературними даними, отримані нами результати демонструють високий вміст фенольних сполук для даного виду. Встановлено, що природа екстрагента не чинить суттєвого впливу на вихід фенолів: значення варіювало в межах похибки й становило 76,09 ± 2,16, 78,45 ± 0,89 та 78,97 ± 5,18 мг-екв. ГК/г сухої речовини для водного, 70% та 80% водно-спиртового екстрактів відповідно. Вищу ефективність продемонстрували спиртові екстрагенти (70% та 80%), що вказує на переважну концентрацію у листках сполук середньої полярності, ймовірно, флавоноїдних агліконів та їхніх глікозидованих форм.

Отримані значення є високими порівняно з іншими представниками *Sileneae* та узгоджуються з літературними даними щодо значної біологічної активності виду, зокрема його гемостатичних і протизапальних властивостей, що підтверджує біофармацевтичний потенціал листків *S. baccifera* як перспективної рослинної сировини.

Данко Ю., Кобилецька М.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІТОТОКСИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ТА ВМІСТУ ВОДОРОЗЧИННИХ ФЕНОЛІВ ПІДЗЕМНИХ СИСТЕМ ВИСОКОІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ РОСЛИН

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: yura_danko@ukr.net

Danko Y., Kobyletska M. COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PHYTOTOXIC ACTIVITY AND WATER-SOLUBLE PHENOLIC CONTENT OF THE UNDERGROUND SYSTEMS OF HIGHLY INVASIVE PLANTS. The study focuses on the allelopathic potential of the belowground organs of the highly invasive species *Heracleum sosnowskyi*, *Helianthus tuberosus*, and *Reynoutria sachalinensis*. Aqueous extracts were utilized to model the natural leaching processes of biologically active substances and to evaluate their impact on the growth of the test object *Lepidium sativum*. It was established that *H. sosnowskyi* exhibits the highest phytotoxic activity. Concurrently, using the Folin-Ciocalteu reagent, the maximum content of water-soluble phenolic compounds was identified in *R. sachalinensis* (20.87 mg/g). A comparative analysis of the results revealed no direct correlation between the quantitative phenolic content in the belowground parts and the intensity of their inhibitory effect.

Експансія інвазійної флори становить загрозу стабільності екосистем та біорізноманіттю. Для розробки дієвих методів контролю необхідно дослідити стратегії успішного поширення адвентивних видів на нових територіях. Одним з інструментів такої конкуренції є алелопатія – явище хімічної взаємодії між організмами шляхом екскреції біологічно активних речовин (БАР) у довкілля. Ключовим шляхом пасивного надходження БАР, зокрема фенольних метаболітів, у довкілля з фітомаси є процес їх вимивання з рослинних тканин (Колесник та ін., 2023; Парфенюк та ін., 2021; Serrano, 1992; Yule et al., 2018).

Завданням нашого дослідження було провести порівняльний аналіз впливу водорозчинних сполук з підземних органів *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Helianthus tuberosus* L. (F. Schmidt) та *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai на ріст тест-рослин (*Lepidium sativum* L.) у кореляції з кількісним вмістом фенольних речовин у цих органах. Використання виключно водних витягів дозволило змоделювати природні процеси вимивання біологічно активних компонентів із кореневих систем у навколишнє середовище. Це дослідження доповнює попередні дані щодо алелопатичного потенціалу надземної біомаси досліджуваних видів. Такий підхід дає можливість зіставити рівень інгібування росту тест-об'єктів із концентрацією фенолів у різних частинах рослин.

У ході аналізу отриманих результатів було виявлено, що алелопатична активність водних екстрактів з підземних органів досліджуваних рослин є прямо пропорційною їхній концентрації. Максимальне інгібування росту коренів тест-рослин спостерігалося при вихідній концентрації витягів, проте негативний вплив залишався навіть при значному розведенні (1:10 та 1:20). Найвищу інгібуючу здатність серед досліджуваних рослин виявив витяг та розведення робочих розчинів з *H. sosnowskyi*. Зокрема, за впливу вихідних витягів з *H. sosnowskyi* на тест-рослини добовий приріст коренів *L. sativum* становив 6,7% до контролю, в той час, як за дії витягів *H. tuberosus* та *R. sachalinensis* приріст коренів становив 15,4% та 9,3% до контролю відповідно. Для визначення загального вмісту фенолів використовувався реактив Фоліна-Чокальтеу, а водну екстракцію проводили на водяній бані. Згідно з отриманими результатами найвищий вміст фенольних сполук в підземній частині досліджуваних рослин виявлено в *R. sachalinensis* 20,87 мг/г маси сухої речовини. Вміст водорозчинних фенольних сполук в *H. sosnowskyi* і *H. tuberosus* становив 7,07 та 7,94 мг/г маси сухої речовини відповідно.

Відповідно до отриманих даних ми можемо зробити висновок про відсутність кореляції між вмістом фенольних сполук у досліджуваних інвазійних рослинах та їхньою фітотоксичною дією на ріст коренів тест-рослин, що свідчить про наявність у тканинах цих рослин інших БАР з вираженим алелопатичним ефектом.

Дахновська М., Кобилецька М.

ВПЛИВ БУРШТИНОВОЇ КИСЛОТИ НА ПРОЦЕС ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: mariia.dakhnovska@lnu.edu.ua

Dakhnovska M., Kobyletska M. INFLUENCE OF SUCCINIC ACID ON THE SEED GERMINATION PROCESS. This study examines the effect of succinate (succinic acid) concentrations (2.5% and 5%) on the germination of maize (*Zea mays* L.) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.). The results demonstrate that these concentrations exert a species-specific and largely inhibitory effect, particularly on buckwheat where germination was significantly suppressed or completely halted. While lower concentrations slightly increased maize germination, they simultaneously inhibited primary root growth, suggesting that the tested doses exceed the optimal threshold for physiological stimulation.

Процес проростання насіння є ключовим етапом онтогенезу рослин, що визначає формування повноцінних сходів і подальшу продуктивність культур (Bewley et al., 2013). Регуляція цього процесу за допомогою біологічно активних речовин, зокрема органічних кислот, становить значний інтерес для сучасної фізіології рослин та агробіотехнології (Davies, 2010). Бурштинова кислота як проміжний метаболіт циклу Кребса розглядається як потенційний біостимулятор росту та розвитку рослин (Lehninger et al., 2008; Яковенко, 2008).

Метою роботи було дослідити вплив різних концентрацій бурштинової кислоти на проростання насіння кукурудзи (*Zea mays* L.) та гречки (*Fagopyrum esculentum* Moench).

Об'єктами дослідження слугувало насіння зазначених культур. У досліді використовували водні розчини бурштинової кислоти концентрацією 2,5% та 5%. Контролем була дистильована вода. Насіння пророщували в чашках Петрі за температури 25°С протягом 6 діб. Визначали відсоток схожості, довжину головного кореня, кількість та довжину бічних коренів.

Встановлено, що вплив бурштинової кислоти був видоспецифічним та залежав від концентрації. У кукурудзи 2,5% розчин сприяв незначному підвищенню схожості (33,3% проти 23,3% у контролі), проте супроводжувався пригніченням росту головного кореня. Концентрація 5% зумовлювала зменшення довжини головного кореня, але стимулювала формування більшої кількості бічних коренів. Для гречки обидві концентрації мали виражений інгібуючий ефект: при 2,5% схожість становила лише 3,3% порівняно з 36,7% у контролі, а 5% розчин повністю пригнічував проростання.

Отримані результати свідчать, що використані концентрації бурштинової кислоти можуть чинити інгібуючий вплив на проростання насіння, особливо у гречки. Реакція культур виявилася різною, що підтверджує необхідність підбору оптимальних концентрацій для кожного виду окремо. Перспективним є подальше дослідження нижчих концентрацій бурштинової кислоти з урахуванням стерильності умов пророщування.

Задарко В., Николишин В., Булій О., Гусак В.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ ТА ІОННОГО ГОМЕОСТАЗУ ТОПІНАМБУРА В УМОВАХ КАДМІЙ-ІНДУКОВАНОГО СТРЕСУ

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Галицька, 201 Б, м. Івано-Франківськ, 76000, Україна; e-mail: viktoriia.zadarko.22@pnu.edu.ua

Zadarko V., Nikolyshyn V., Bulii O., Husak V. INTERRELATION OF ANTIOXIDANT DEFENCE AND IONIC HOMEOSTASIS IN JERUSALEM ARTICHOKE UNDER CADMIUM-INDUCED STRESS. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) is considered a promising phytoextractor for heavy-metal remediation. We studied the response of antioxidant enzymes and mineral-element balance to Cd under *in vitro* conditions (0.5–5 mg/L). Cadmium suppressed key antioxidant activities, while the highest dose caused the strongest inhibition. Elemental profiling revealed organ-specific shifts and correlations indicating disruption of mineral homeostasis, with predominant Cd accumulation in roots. The results highlight biochemical markers of Cd stress and support the potential of *H. tuberosus* for phytoremediation.

Забруднення довкілля є вагомим чинником оксидативного стресу рослин і порушення мінерального живлення. Метою роботи було оцінити реакцію антиоксидантної системи та зміни іонного гомеостазу у топінамбура за кадмій-індукованого стресу в умовах *in vitro*. Для отримання експериментальної лінії, топінамбур вирощували на безгормональному середовищі Мурасіге-Скуга (МС) з додаванням хлориду кадмію геміпентагідрату ($CdCl_2 \times 2{,}5H_2O$), вміст катіону в якому складав 0,5; 1; 2,5; та 5 мг/л. Як контроль використовувався топінамбур, який вирощували на поживному середовищі без додавання іонів кадмію з корекцією на збільшену концентрацію хлориду. Дослідні зразки вирощували протягом 40 днів в умовах *in vitro* за температури 25–28ºС і тривалості світлового дня 16/8 годин (день/ніч). Після культивування здійснювався забір біомаси і у листках рослин визначали активність ферментів антиоксидантного захисту та аналізували елементний склад органів. Встановлено, що активність аскорбатпероксидази істотно не змінювалася за наявності іонів Cd у поживному середовищі. Водночас аскорбатоксидаза та гваяколпероксидаза були значимо інгібовані вже за наявності в середовищі Cd концентрацією 0,5 мг/л, що вказує на пригнічення окремих ланок ферментативного антиоксидантного захисту. Для гваяколпероксидази показано дозозалежне зниження активності на 39%, 51%, 53% та 77% (0,5; 1; 2,5; 5 мг/л відповідно). Активність СОД і каталази була значимо нижчою лише за найвищої концентрації Cd (5 мг/л), що вказує на наявність «порогового» ефекту для цих ферментів.

Елементний аналіз і кореляційні теплограми продемонстрували порушення іонного гомеостазу та органоспецифічні зсуви мінерального живлення. У коренях зі зростанням Cd посилювалася акумуляція Ca, Fe, Mn, P та S, тоді як у листках фіксували зниження Ca, Fe, Mn і Zn на тлі підвищення K, Mg і P. Узагальнена кореляційна матриця показала переважно позитивні зв'язки Cd у коренях із Mn ($r \approx 0{,}95$), P ($r \approx 0{,}89$), S ($r \approx 0{,}84$), Fe ($r \approx 0{,}83$) та Ca ($r \approx 0{,}78$), а також виражені негативні кореляції з K ($r \approx -0{,}82$) і Mo ($r \approx -0{,}91$). Накопичення кадмію в рослині має чіткий градієнт (корінь > стебло > листки), що підтверджує провідну роль кореневої системи в депонуванні токсиканту.

Отже, кадмій у діапазоні 0,5–5 мг/л індукує інгібування низки антиоксидантних ферментів і спричиняє дисбаланс мінерального живлення *H. tuberosus*. Виявлені біохімічні маркери (пригнічення аскорбатоксидази/гваяколпероксидази; порогове зниження СОД і каталази; органоспецифічні зсуви елементів) можуть бути використані для оцінки стійкості та фіторемедіаційного потенціалу топінамбура. Виявлені біохімічні маркери дозволять встановити критичну межу токсичності, за якої рослина ще зберігає високу біопродуктивність. Це надає можливість максимізувати вилучення іонів кадмію з ґрунту шляхом накопичення токсичного металу в кореневищі та пагонах.

Задачіна І., Мікуліч Л.

РОСТОВІ ТА БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ ПРЯНИХ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР ЗА УМОВ ФТОРИДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ

Донецький національний університет імені Василя Стуса,
вул. 600-річчя, 21, м. Вінниця, 21027, Україна; e-mail: zadachina.i@donnu.edu.ua

Zadachina I., Mikulich L. GROWTH AND BIOCHEMICAL ALTERATIONS IN AROMATIC VEGETABLE CROPS UNDER FLUORIDE-CONTAMINATED SOIL CONDITIONS. The work investigated the effect of fluoride contamination of soil on the growth and biochemical parameters of *Eruca vesicaria* subsp. *sativa* (Mill.) Thell. and *Spinacia oleracea* L. The relevance of the study is due to the increase in technogenic load on agroecosystems and the ability of fluorides to accumulate in plant products. The germination energy and seed germination, stem and root length, dry and wet mass indicators, as well as the content of chlorophyll *a* and *b* at different concentrations of sodium fluoride were experimentally evaluated.

Актуальною екологічною проблемою є забруднення ґрунтів сполуками фтору, які надходять у довкілля з промисловими викидами, фосфорними добривами, пестицидами тощо. Фториди здатні накопичуватися в ґрунті, включатись у метаболічні процеси рослин, що спричиняє пригнічення росту, порушення фотосинтезу та зниження продуктивності культур. Особливо значення це набуває для харчових овочевих культур, оскільки це становить ризик для здоров'я людей.

Метою дослідження було визначення впливу різних концентрацій фториду натрію (NaF) у ґрунті (контроль, 25 мг/кг, 50 мг/кг, 75 мг/кг, 100 мг/кг) на ростові та біохімічні показники *Eruca vesicaria* subsp. *sativa* (Mill.) Thell. та *Spinacia oleracea* L. У процесі дослідження визначали енергію проростання та схожість насіння досліджуваних видів, вимірювали довжину стебел і коренів, кількісний вміст хлорофілів *a* і *b* з використанням спектрофотометра (Приседський, 2014; Главацький, Васильєва, 2023).

Результати дослідження засвідчили, що *E. vesicaria* характеризується вищою енергією проростання (42,5%) порівняно зі шпинатом (12%). Водночас схожість насіння залишалася досить високою в обох культур і становила 87,5% у *E. vesicaria* та 60% у *S. oleracea*.

Було встановлено, що для обох досліджуваних видів концентрація фториду натрію 75 мг/кг у більшості варіантах проявляла стимулюючий ефект. В ході експерименту спостерігали збільшення довжини стебел та коренів, а також підвищення сухої маси у *S. oleracea*. Концентрація фторидів натрію 100 мг/кг спричинила пригнічення ростових процесів, зменшення біомаси та зниження вологої маси рослин. У *E. vesicaria* відзначено відносну стабільність довжини стебла за різних концентрацій фториду натрію, однак коренева система найбільш активно розвивалась при 75 мг/кг NaF, що може свідчити про адаптаційні механізми до помірного фторидного навантаження. У *S. oleracea* також спостерігалось стимулювання росту при нижчих концентраціях NaF, проте високі дози проявляли токсичний ефект.

Аналіз вмісту хлорофілу показав варіабельність співвідношення хлорофілів *a*/*b*, що свідчить про зміни у фотосинтетичному апараті під впливом фторидів. У *E. vesicaria* вміст хлорофілів *a* і *b* був нижчим порівняно з *S. oleracea*, що свідчить про більш потужний розвиток фотосинтетичного апарату.

Отримані результати підтверджують, що фторидне забруднення ґрунту має суттєвий вплив на морфологічні, фізіологічні та біохімічні показники овочевих культур. Помірні концентрації можуть викликати стимулюючий ефект, тоді як високі дози спричиняють пригнічення росту. Це підкреслює необхідність контролю вмісту фторидів у ґрунтах та оцінки екологічної безпечності рослинної продукції.

Зазуляк А., Пацула О.

АДАПТАЦІЙНІ РЕАКЦІЇ РОСЛИНИ КУКУРУДЗИ ЗА УМОВ СОЛЬОВОГО СТРЕСУ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: ai.zazyliak.ina@gmail.com

Zazulyak A., Patsula O. ADAPTATIONAL REACTIONS OF CORN PLANTS UNDER SALT STRESS CONDITIONS. High soil salinity induces osmotic stress in plants and impairs water and mineral uptake by the root system. The aim of this study was to evaluate the impact of different NaCl concentrations on morphometric and physiological–biochemical parameters of maize (*Zea mays* L.) seedlings cv. 'Debretseni 285'. Plants were grown under controlled laboratory conditions with 100 and 150 mM NaCl treatments, and root and shoot length, biomass, photosynthetic pigment content, and proline accumulation were assessed. Increasing salinity significantly reduced root and shoot growth, disturbed biomass distribution, and decreased chlorophyll *a* and *b* content. At the same time, proline levels markedly increased under salt stress, indicating its role as an osmoprotectant and stress marker. The results demonstrate that excessive NaCl inhibits growth and photosynthetic activity in maize, while proline accumulation represents an important adaptive response to salinity.

Висока солоність ґрунтів, що охоплює понад 800 млн га у світі, спричиняє осмотичний стрес і перешкоджає поглинанню води та мінеральних елементів. Сольовий стрес має двофазну природу: перша фаза (осмотична) виникає миттєво через зниження водного потенціалу в ризосфері, тоді як друга (іонна) розвивається поступово внаслідок токсичного накопичення іонів Na^+ та Cl^-. Дослідження впливу засолення на морфометричні та біохімічні показники кукурудзи є актуальним для селекції стійких сортів та розробки агротехнічних методів пом'якшення стресу (Ісаєнков, 2012).

Метою досліджень було визначити вплив різних концентрацій NaCl на морфометричні та фізіолого-біохімічні показники проростків кукурудзи. Об'єктом дослідження були рослини кукурудзи (*Zea mays* L.) сорту «Дебрецені 285» за умов різного ступеня оксидативного стресу. Рослини вирощували в лабораторних умовах із внесенням до поживного середовища розчинів NaCl різної концентрації. Оцінювали довжину кореня та пагона, співвідношення надземної і підземної маси, а також вміст фотосинтетичних пігментів та проліну.

Насіння пророщували впродовж 7 діб у чашках Петрі на фільтрувальному папері, зволоженому розчином 100 мМ NaCl (дослід) та дистильованою водою (контроль). Після цього проростки пересаджували на водну культуру (розчин Кнопа). Загалом було п'ять варіантів досліду: 1) контроль (розчин Кнопа); 2) розчин Кнопа із додаванням 100 мМ NaCl; 3) розчин Кнопа із додаванням 150 мМ NaCl; 4) попередньо пророщені рослини на 100 мМ NaCl, пересаджені на розчин Кнопа із 100 мМ NaCl; 5) попередньо пророщені рослини на 100 мМ NaCl, пересаджені на розчин Кнопа із 150 мМ NaCl. Через 14 діб у досліджуваних рослинах визначали морфометричні показники, вміст пігментів та проліну.

Виявлено, що зі зростанням концентрації NaCl спостерігалося зменшення довжини головного кореня та пагона порівняно з контролем. Найбільше пригнічення ростових процесів відзначено за максимального рівня засолення. Також встановлено порушення співвідношення біомаси надземної та підземної частин рослин. Зниження вмісту хлорофілу *a* та *b* свідчить про пригнічення функціонального стану фотосинтетичного апарату. Значне накопичення проліну за засолення підтверджує його роль як ключового осмопротектора та маркера стресу, що забезпечує водний баланс і захист клітин.

Отже, надлишок NaCl спричиняє осмотичний стрес, що обмежує поглинання води та призводить до значного зниження маси пагонів і коренів. Пригнічення синтезу фотосинтетичних пігментів сольовим стресом проявляється візуально у формі хлорозу листків. Водночас зростання вмісту проліну підтверджує активацію захисних осморегуляторних механізмів. Припущення щодо формування адаптивної солестійкості проростків за умов засолення не підтвердилося.

Занько І., Мамчур О.

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН РЕГОПЛАНТ НА РІСТ ТА МОРФОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ПРОРОСТКІВ *CARUM CARVI* L.

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: Iryna.zanko@lnu.edu.ua

Zanko I., Mamchur O. EFFECT OF THE PLANT GROWTH REGULATOR REGOPLANT ON THE GROWTH AND MORPHOMETRIC PARAMETERS OF *CARUM CARVI* L. SEEDLINGS. The use of biostimulants is a promising approach to increasing crop productivity with a reduced negative impact of agrochemicals. The aim of this study was to investigate the effect of Regoplant on the growth of caraway seedlings under controlled conditions. It was found that the effect of Regoplant on the caraway is concentration-dependent: low doses stimulate growth and the photosynthetic potential of seedlings, whereas higher doses negatively affect germination and morphophysiological parameters, which necessitates adherence to optimal concentrations.

Важливим напрямом сучасного сільського господарства є розробка та впровадження препаратів для регуляції росту й розвитку рослин. Регоплант характеризується збалансованим вмістом мікроелементів і біологічно активних речовин, що здатні впливати на ростові процеси та морфофізіологічний стан рослин.

Метою дослідження було визначення оптимальної концентрації регулятора росту Регоплант для стимулювання проростання та початкового розвитку кмину звичайного. У першій серії дослідів застосовували концентрації 0,5% і 1,0%; контрольним варіантом слугувала дистильована вода.

Встановлено, що схожість насіння в контрольному варіанті становила 90%, тоді як за концентрацій 0,5% і 1,0% цей показник знижувався до 25–40% і 20% відповідно. Морфометричні показники проростків у дослідних варіантах загалом були нижчими порівняно з контролем. Водночас зафіксовано стимулювальний вплив препарату на ріст надземної частини: довжина пагонів у дослідних варіантах (3,98–4,2 см) перевищувала аналогічні показники контрольних рослин (3,26–4,04 см). Отримані дані свідчать про негативний вплив Регопланту на проростання на ранніх етапах онтогенезу за одночасної активації ростових процесів надземних органів. У другій серії дослідів використовували концентрації 0%, 1%, 2,5% і 5%. Встановлено, що за концентрацій 1–2,5% схожість різко пригнічувалася (0–5%), тоді як у контрольному варіанті (0%) воно становило 15–20%, а морфометричні показники проростків залишалися найбільш стабільними. За концентрації 5% відзначено варіабельну відповідь: схожість коливалася в межах 15–30%, при цьому середня довжина пагонів (до 11,9 см) перевищувала контрольні значення. Це свідчить про вибіркову дію препарату, за якої відбувається пригнічення більшості насіння та стимуляція росту окремих стійких проростків. Для оцінки фізіологічного стану проростків проведено визначення вмісту хлорофілу *a* та хлорофілу *b*. Установлено, що вплив Регопланту на масу листків і вміст фотосинтетичних пігментів має чітко виражений дозозалежний характер. Максимальні значення маси листка та вмісту хлорофілів *a* і *b* спостерігали за застосування препарату в концентраціях 0,5–1%, що свідчить про стимулювальний вплив низьких доз на формування та функціонування фотосинтетичного апарату. Подальше підвищення концентрації до 1,5–2,5% супроводжувалося зниженням досліджуваних показників, що вказує на інгібувальний, імовірно токсичний ефект надлишку препарату.

Отже, отримані результати свідчать, що дія регулятора росту Регоплант на кмин звичайний є концентраційно залежною. Низькі концентрації препарату здатні стимулювати ріст надземних органів і підвищувати фотосинтетичний потенціал проростків, тоді як підвищені дози негативно впливають на процес проростання та морфофізіологічні показники рослин. Це підтверджує необхідність суворого дотримання оптимальних концентрацій при застосуванні регуляторів росту.

Козак В., Пида С.

ПАРАМЕТРИ СИМБІОТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ СОЧЕВИЦІ ХАРЧОВОЇ (*LENS CULINARIS* MEDIK.) ЗА ВПЛИВУ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ПРОТРУЙНИКІВ

Тернопільський національний педагогічний університет імені В. Гнатюка, вул. М. Кривоноса, 2, м. Тернопіль, 46027, Україна, e-mail: shelest.1995@ukr.net

Kozak V., Pyda S. PARAMETERS OF SYMBIOTIC ACTIVITY OF EDIBLE LENTILS (*LENS CULINARIS* MEDIK.) UNDER THE INFLUENCE OF MICROBIAL PREPARATIONS AND ANTIPOSONIC AGENTS. The results of the study of the parameters of symbiotic activity of *L. culinaris* during mono-treatment of seeds before sowing with the microbial preparation Rhizobophytes, *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* (*R. leg*) strain: C4-30, 724, F 11-2, F 16-1 and against the background of the fungicides Laivit and Maksym during cultivation in the soil and climatic conditions of the western Forest-Steppe of Ukraine. It was found that mono-treatment of seeds with Rhizobiofit and *R.leg* C4-30 increased the nitrogenase activity of nodules by 2–2.5 times.

Проблема дефіциту азоту в ґрунтах сьогодні є актуальною для більшості аграріїв. Її вирішення потребує пошуку джерел надходження N_2 в ґрунти та шляхів збільшення частки симбіотичного N_2 в агроценозах, що досягається шляхом формування стійкого симбіозу бобових із специфічними видами бульбочкових бактерій (Лемішко та ін., 2022). Сочевиця харчова (*Lens culinaris* Medik.) – одна з нішевих зернобобових культур, що сприяє екологічній стабільності агроекосистем (Черчель та ін., 2025), завдяки здатності до біологічної фіксації азоту засвоює до 80 кг/га атмосферного N_2 і залишає у ґрунті після збирання врожаю до 120 кг/га біологічного N_2 (Квітко, Сауляк, 2015). Метою роботи було дослідити вплив передпосівної інокуляції насіння Ризобофітом (РБ), *R. leg* штамів С4-30, 724, Ф11-2, Ф16-1 та на фоні використання протруйників Лайвіт (діюча речовина – дифеноконазол 50 г/л, піраклостробін 25 г/л, протіоконазол 50 г/л) і Максим (діюча речовина – флудиоксоніл 25 г/л), на параметри формування і функціонування симбіотичних систем *L. culinaris* сорту Red в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України. У фазі формування бобів визначали кількість бульбочок на коренях *L. culinaris* та їх азотфіксувальну активність (АФА) ацетиленовим методом (Hardy, 1968). Дослідженням формування нодуляційного апарату сочевиці встановлено, що у варіантах з моноінокуляцією насіння штамами *R. leg* формувалась більша кількість бульбочок на коренях рослин, порівняно із контролем (8,1 шт./р.). Найбільшу їх кількість виявлено за моноінокуляції насіння РБ – 12,5 шт./р., що на 54% перевищує контроль. За інокуляції штамами *R. leg* 724 та Ф16-1 показник кількості бульбочок зростав на 22,7 і 5,2% відповідно. За комбінованого застосування препарату Максим із штамами *R. leg* встановлено підсилення бульбочкоутворення: Ф11-2 – на 19,2%, Ф16-1 – на 37,3%, РБ – на 20,3%. Встановлено, що АФА бобово-ризобіального симбіозу збільшувалась у 2–2,5 рази за інокуляції РБ та *R. leg* С4-30 відносно контролю, що корелює із зростанням показника кількості бульбочок на коренях рослин. Найбільш високою активністю характеризувалась симбіотична система, утворена місцевими популяціями бульбочкових бактерій за монообробки насіння Лайвітом (0,058 ± 0,008 нмоль C_2H_4/росл.×год), що підтверджує відсутність пригнічувальної дії препарату на аборигенні штами *R. leg*. Комплексне застосування Лайвіту з *R. leg* С4-30 та *R. leg* 724 сприяло підвищенню показника АФА на 43,8 та 17,4% відповідно. Встановлено, що обробка насіння препаратом Максим з подальшою бактеризацією знижувала нітрогеназну активність симбіотичного апарату культури, не зважаючи на сформовану більшу кількість бульбочкових бактерій. Очевидно, за впливу препарату Максим нодуляційний апарат рослин формувався потужний, але менш активний.

Моноінокуляція РБ і штамами *R. leg* та їх поєднане застосування із протруйниками по-різному впливають на формування бульбочок на коренях сочевиці харчової сорту Red та їх АФА за вирощування рослин на фоні спонтанної інокуляції в умовах Тернопільської обл. Обробка насіння препаратом Лайвіт підвищувала АФА бульбочок, утворених місцевими популяціями *R. leg*.

Кравець М., Грицак Л.

ФІЗІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВОЛОГОУТРИМУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ЛИСТКІВ СОРТІВ *CITRULLUS LANATUS* ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ

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

Kravets M., Grytsak L. PHYSIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE MOISTURE-RETAINING ABILITY OF LEAVES OF *CITRULLUS LANATUS* VARIETIES UNDER VARIOUS GROWING METHODS AND APPLICATION OF BIOSTIMULATORS. The moisture retention capacity of the foliage of common watermelon (*Citrullus lanatus*) was studied depending on the cultivation technology (grafting, seedling and non-seedling methods) and the effect of the preparations "Mikovital" and "Trevitan™". It was found that the method of obtaining planting material and the type of preparations ("Trevitan™" or "Mikovit") used to treat seeds and plants affect the water retention capacity of plants during the growing season.

Продуктивність сільськогосподарських культур прямо залежить від вологозабезпеченості, оскільки дефіцит води порушує ключові фізіолого-біохімічні процеси (Кушніренко, 1975). Важливим індикатором посухостійкості є водоутримувальна здатність (ВУЗ) тканин, яка визначається осмотичним потенціалом клітинного соку та гідрофільністю колоїдів цитоплазми (Лимар, 2021). Кавун звичайний (*Citrullus lanatus*) є однією з провідних світових культур із виробництвом близько 100 млн тонн (FAO, 2019). Проте успішне культивування кавуна в Західному регіоні України потребує впровадження адаптивних агротехнологій для нівелювання кліматичних ризиків (Hou, 2016).

Метою дослідження було оцінити вплив препаратів «Trevitan™» та «Міковітал» на динаміку вологоутримувальної здатності листків кавуна на різних етапах онтогенезу та обґрунтувати їхню ефективність для підвищення посухостійкості культури в умовах Західного Лісостепу України. Дослідження проводили на сортах «Кримсон Світ», «Вогник» та гібриді «Топган», вирощених за трьох технологій: розсадної, насіннєвої та із застосуванням щеплення. Схема досліду: контроль, «Trevitan™» (Варіант 1), «Міковітал» (Варіант 2). Водоутримувальну здатність листків визначали за методом Арланда (Векірчик, 1984).

Технологія вирощування та застосування біопрепаратів є визначальними чинниками регуляції водного режиму *C. lanatus* (Okon, 2020). Щеплені рослини сорту «Кримсон Світ» на стадії активного росту виявили найвищу стійкість до тривалого стресу, величина ВУЗ становила 69–85% після 24 годин в'янення, тоді як насіннєвий спосіб характеризувався низьким показником. Застосування біопрепарату «Міковітал» (В2) стабілізувало показники ВУЗ після 4 годин в'янення у сорту «Кримсон Світ» та оптимізувало водний режим щеплених рослин (39,3–44,8%). Препарат «Trevitan™» (В1) сприяв рівномірній дегідратації гібриду «Топган» за насіннєвого способу вирощування та покращив ВУЗ щепленого сорту «Вогник», та становив 86,6% після 4 год в'янення. Встановлено, що розсадна технологія гарантує стабільність водного режиму лише на початкових етапах стресу (2 год), тоді як у довгостроковій перспективі (24 год) вона поступається щепленим варіантам через вичерпання адаптивних резервів листкового апарату. Найвищу ефективність препарату «Міковітал» (В2) зафіксовано у сорту «Вогник» (розсадний спосіб): показник ВУЗ (24 год) знизився до 81,57%, що на 13% менше порівняно з контролем. Диференціація у 12,61% підтверджує посилення водоутримувальних властивостей мезофілу під дією біодобрива. Водночас у сорту «Кримсон Світ» (В2, розсада) спостерігалося зростання екзосмосу води до 90,8% (контроль – 84,8%), що вказує на високий адаптивний потенціал.

Отже, найвищий адаптивний потенціал до умов тривалого водного дефіциту забезпечує технологія щеплення. Використання препаратів «Trevitan™» та «Міковітал» є ефективним способом корекції водного режиму, але вимагає диференційованого підходу залежно від сорту та обраної агротехніки для мінімізації кліматичних ризиків у регіоні.

Луцан Д., Романюк Н.

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА МОРФОГЕНЕЗУ *CAPSICUM CHINENSE* ЗА УМОВ ПРИРОДНОГО ТА КОНТРОЛЬОВАНОГО LED-ОСВІТЛЕННЯ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: denys.lutsan@lnu.edu.ua

Lutsan D., Romanyuk N. COMPARATIVE EVALUATION OF MORPHOGENESIS OF *CAPSICUM CHINENSE* UNDER NATURAL AND CONTROLLED LED LIGHTING CONDITIONS. This study examined the effect of LED light in a phytobox on the growth of *Capsicum chinense* cv. Habanero Dominicano. Plants grown under controlled LED environment (3500 K, 16 h photoperiod) grew taller, developed larger leaves, and reached the generative phase earlier than those on a north-facing windowsill. Some leaf deformations were observed under intensified light. The results suggest that optimized LED lighting can accelerate growth and development in controlled cultivation.

Дослідження регуляції росту і розвитку рослин за умов контрольованого середовища, зокрема штучного освітлення, – це перспективний напрям сучасної фізіології рослин. Застосування LED-освітлення дозволяє створювати спектральний склад світла, який безпосередньо впливає на ріст та розвиток рослини. Водночас підвищення інтенсивності росту може супроводжуватися зміною фізіологічних потреб рослин. Порівняльна оцінка вирощування в умовах природного освітлення та в умовах фітобоксу з штучним джерелом світла є важливою для оптимізації малогабаритних систем культивування.

Мета роботи – дослідити вплив штучного освітлення в умовах фітобоксу на морфометричні показники та фази розвитку рослин *Capsicum chinense* порівняно з вирощуванням на підвіконні.

Об’єктом дослідження були рослини *C. chinense* (сорт Habanero Dominicano). Пророщене насіння висаджували у торф’яні таблетки 5 листопада. 30 грудня рослини пересаджували у 10-літрові горщики з торф’яним субстратом, після чого формували два варіанти досліду. У першому варіанті рослини вирощували в умовах фітобоксу за температури 22–26°C, відносної вологості близько 40–50% та постійної вентиляції. Освітлення забезпечували LED-світильником на діодах LM301H (3500 K) потужністю близько 120 Вт; фотоперіод становив 16 год (08:00–00:00), відстань до рослини – 50 см. У другому варіанті рослини вирощували на підвіконні з північного боку за умов природного освітлення без системного додаткового підсвічування. Температурний режим був однаковий в обох варіантах. Полив здійснювали водою (pH ≈ 7 та EC ≈ 0,3 мСм/см).

Морфометричну оцінку проводили через 55 діб після пересадки (23 лютого). Визначали висоту рослин, діаметр крони, довжину найбільшої листкової пластини та фазу розвитку. Встановлено, що у варіанті в умовах фітобоксу рослини характеризувалися інтенсивнішим ростом. Висота цих рослини виявилася більшою на 55% в порівнянні з підвіконням; діаметр крони – на 66% більше; довжина найбільшої листкової пластини – на 57% більше відповідно. Крім того, у рослин, вирощених в умовах фітобоксу, зафіксовано перехід до генеративної фази (формування бутонів), тоді як у варіанті підвіконня рослини перебували у вегетативному стані. Разом з тим у варіанті з штучним освітленням спостерігалися окремі ознаки фізіологічних порушень листової пластини, що може свідчити про підвищену метаболічну активність та зростання потреби у макро- й мікроелементах при вирощуванні в умовах фітобоксу.

Отримані результати вказують на те, що освітлення в умовах фітобоксу сприяє розвитку та прискоренню переходу *C. chinense* до генеративної фази. Водночас ефективність контрольованих систем вирощування значною мірою залежить від узгодженості світлового режиму з параметрами середовища.

Мазуркевич А.

МЕЗОСТРУКТУРА ЛИСТКОВИХ ПЛАСТИНОК КУКУРУДЗИ СОЛОДКОЇ ЗА ОБРОБКИ СИНТЕТИЧНИМИ РІСТСТИМУЛЯТОРАМИ

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, вул. Острозького, 32, м. Вінниця, 21100, Україна; e-mail: mazurkevichanastasiya@gmail.com

Mazurkevych A. MESOSTRUCTURE OF SWEET CORN LEAF BLADES UNDER TREATMENT WITH SYNTHETIC GROWTH STIMULANTS. It was demonstrated that the application of 1-NAA and 6-BAP led to a significant thickening of the leaf blade due to the proliferation of the chlorenchyma. 6-BAP reduced the number of epidermal cells and stomata on the abaxial surface of the leaf, while simultaneously increasing their individual surface area. In contrast, 1-NAA did not affect the number of epidermal cells but reduced their area and promoted an increase in both the number and size of stomata, thereby expanding the total stomatal surface area.

Будова та функціонування листкового апарату суттєво впливають на продуктивність сільськогосподарських культур. Для регуляції продукційного процесу в практиці аграрного виробництва використовують синтетичні рістрегулятори. Серед них найбільш застосовуваними є стимулятори. Це препарати широкого спектру дії. Вони пришвидшують дозрівання, збільшують продуктивність та покращують якість урожаю, підвищують стійкість до несприятливих факторів середовища (Talalayeva et al., 2021).

У зв'язку з вищезазначеним, важливо з'ясувати вплив рістрегуляторів на мезоструктурну організацію листка кукурудзи солодкої як одного із важливих факторів формування біологічної продуктивності культури.

Дослідження проводили на навчально-дослідних полях Вінницької обласної станції юних натуралістів. Рослини кукурудзи солодкої сорту «Джамала» вранці обробляли за допомогою ранцевого оприскувача CO-12 Marolex 0,005% розчинами регуляторів росту 1-нафтилоцтовою кислотою (1-НОК) та 6-бензиламінопурином (6-БАП).

Забір матеріалу для вивчення мезоструктурної організації листкової пластинки проводили у фазі формування качана. Для його консервації застосовували суміш рівних частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1% формаліну. Визначення розмірів клітин і окремих тканин здійснювали за допомогою мікроскопа «Микмед-1» та окулярного мікрометра МОВ-1-15×. Для цього використовували часткову мацерацію тканин листка. Як мацеруючий агент було обрано 5% розчин оцтової кислоти в 2 моль/л хлоридної кислоти (Кур'ята, 1999). Повторність мезоструктурних вимірів 35-разова.

Результати наших досліджень свідчать, що стимулятори росту достовірно зменшували товщину верхнього епідермісу та потовщували листок за рахунок розростання хлоренхіми на 17% за дії 1-НОК та на 31% після застосування 6-БАП, що може бути передумовою підвищення фотосинтетичної активності рослин та зростання їх біологічної продуктивності.

Застосування синтетичного ауксину не змінювало кількості клітин епідермісу та зменшувало їх площу на 12%. При цьому, за дії 1-НОК спостерігалася тенденція до зростання кількості продихів та на 17% збільшувалася їх площа. В результаті зафіксовано зростання площі продихової поверхні на 23%.

Синтетичний цитокінін на 17% зменшував кількість клітин епідермісу на абаксіальній поверхні листка та збільшував площу цих клітин на 15%. За обробки 6-БАП на 11% зменшувалася кількість продихів і на 9% зростала їх площа. У результаті площа продихової поверхні мала тенденцію до зменшення. Такі зміни у продиховому апараті кукурудзи за дії синтетичного цитокініну можуть знижувати рівень транспірації та підвищувати посухостійкість рослин.

Маркович А., Монастирська С.

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ КАРОТИНОЇДІВ У ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИНАХ КАРПАТСЬКОГО ПЕРЕДГІР'Я ДРОГОБИЧЧИНИ

Дрогобицький державний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, 82100, Україна; e-mail: anastasiia.markovych@dspu.edu.ua

Markovych A., Monastyrska S. DETERMINATION OF CAROTENOID CONTENT IN MEDICINAL PLANTS OF THE CARPATHIAN FOOTHILLS OF THE DROHOBYCH REGION. Carotenoids are natural pigments that perform various biological functions in the body. The purpose of this study is to compare the carotenoid content in extracts of certain medicinal plants collected within the city of Boryslav, in the vicinity of Bukovytsia Mountain. The research results established that the highest carotenoid content was found in the leaves of *Plantago major* and *Polygonum hydropiper*, while the lowest concentration was observed in *Arctium lappa* extracts. In the leaves of *Atriplex patula* and *Cichorium intybus*, the carotenoid levels were within the medium range and were close to each other.

Каротиноїди є одними з найважливіших і найчисельніших рослинних пігментів, значення яких для організму людини та її життєдіяльності величезне. Вони відіграють важливу роль у фотосинтезі, захищаючи рослини від пошкоджень, викликаних сонячним світлом, беруть участь у перетворенні світлової енергії. Каротиноїди не синтезуються в організмі людини і тварин, однак виконують багато різноманітних біологічних функцій. Ці сполуки є важливими для здоров'я людини завдяки своїм антиоксидантним властивостям, що зумовлено взаємодією з вільними радикалами різних типів. Вони захищають клітини від окиснювального стресу, беруть участь в окисно-відновних реакціях, нормалізують рівень споживання кисню тканинами організму. Антиоксидантні властивості каротиноїдів зумовлюють фотозахисну, радіопротекторну, антимутагенну та антиканцерогенну функції. Вони володіють вітамінною активністю, перетворюючись у вітамін А, необхідний для здоров'я шкіри, зору та імунної системи (Сімонова, 2010).

Метою дослідження було порівняння вмісту каротиноїдів в екстрактах деяких лікарських рослин. Об'єктами дослідження були рослини, що поширені в районі Карпатського передгір'я Дрогобиччини. Для зручності проведення дослідів більшість рослин збирали в межах міста Борислав, а саме, на околицях гори Буковиця у 2024–2025 роках. Для дослідження використовували заморожене подрібнене листя 5 лікарських рослин, які найчастіше зустрічалися на цій ділянці: гірчак перцевий (*Polygonum hydropiper*), лобода розкидиста (*Atriplex patula* L.), лопух справжній (*Arctium lappa*), подорожник великий (*Plantago major*), цикорій звичайний (*Cichorium intybus* L.). Вміст пігментів визначали у спиртовому екстракті спектрофотометрично при довжині хвилі 480 нм.

У результаті досліджень встановлено, що найвищий вміст каротиноїдів виявлено у листках *P. major* та *P. hydropiper*, а найнижча концентрація в екстрактах *A. lappa*. У листках рослин лободи розкидистої та цикорію звичайного показники вмісту каротиноїдів знаходилися у середніх межах і були близькими між собою.

Таким чином, порівняльний аналіз вмісту каротиноїдів у досліджуваних рослинах показав значно вищий вміст цих сполук у листках гірчака перцевого та подорожника великого у порівнянні з лопухом справжнім. Подальше дослідження біологічно активних речовин цих рослин може бути запропоновано для створення комплексних фітопрепаратів та біологічних добавок, що сприятимуть загальному зміцненню здоров'я і захисту організму від хронічних захворювань.

Налапша Ю., **Мамчур О.**

ПРОБЛЕМА АДАПТАЦІЇ *TILIA CORDATA* ТА *ACER PLATANOIDES* ДО УМОВ МІСЬКОГО ТА ГІРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: yuliana.nalapsha@lnu.edu.ua

Nalapsha Y., Mamchur O. THE PROBLEM OF ADAPTATION OF *TILIA CORDATA* AND *ACER PLATANODES* TO URBAN AND MOUNTAIN ENVIRONMENTS. The peculiarities of adaptation in *Tilia cordata* and *Acer platanoides* to urban and mountainous environments were analyzed. The influence of major abiotic and anthropogenic factors on the morphological, physiological, and biochemical parameters of these plants was assessed. It was established that *A. platanoides* is characterized by greater ecological plasticity and higher resistance to low temperatures, whereas *T. cordata* functions more effectively under urban conditions, provided that sufficient moisture is available. The obtained results can be used for the scientifically grounded selection of tree species in landscaping systems.

В умовах інтенсивної урбанізації та змін клімату особливої актуальності набуває проблема адаптації деревних рослин до різних екологічних умов. Міське середовище характеризується специфічним комплексом антропогенних стресових факторів: забрудненням повітря, ущільненням і засоленням ґрунтів, підвищеною температурою, дефіцитом вологи та обмеженим кореневим живленням. Натомість гірські екосистеми відзначаються низькими температурами, значними добовими амплітудами, сильними вітрами, підвищеним рівнем ультрафіолетового випромінювання та бідними кам'янистими ґрунтами.

Серед деревних порід, що широко використовуються в озелененні та природних насадженнях Європи, важливе місце займають *Tilia cordata* та *Acer platanoides*. Обидва види характеризуються значною екологічною пластичністю, проте їхні реакції на умови міського та гірського середовищ мають свої відмінності. Згідно з літературними даними, *A. platanoides* є універсальним видом для використання в різних екологічних умовах, тоді як *T. cordata* доцільніше застосовувати в озелененні територій із помірним антропогенним навантаженням та достатнім рівнем зволоження.

Дослідження адаптаційних механізмів цих видів дозволяє оцінити їхню стійкість до абіотичних стресів, визначити перспективність використання у різних природно-кліматичних умовах та розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо озеленення. Саме тому метою нашої роботи було дослідити особливості онтогенезу деревних рослин *T. cordata* та *A. platanoides* за умов різного рівня антропогенного навантаження, з'ясувати механізми адаптації цих рослин до несприятливих чинників урбаністичного впливу.

Заплановано впродовж вегетаційного періоду 2026 (квітень-жовтень) здійснювати комплекс фенологічних, морфологічних, фізіолого-біохімічних, екологічних досліджень (настання основних стадій онтогенезу, визначення площі листків, вмісту хлорофілів та каротиноїдів, аскорбінової кислоти, активності ферментів антиоксидантного захисту, нагромадження пилу на листках тощо).

Обрані для досліджень локалітети *T. cordata* та *A. platanoides* дають змогу порівняти вплив різного рівня антропогенного навантаження: від інтенсивно урбанізованого у м. Львів з підвищеним транспортним забрудненням та у м. Стрий з помірним техногенним впливом до природних умов Сколівських Бескидів як території з мінімальним антропогенним впливом.

Дослідження адаптаційних механізмів цих видів дозволяє оцінити їхню стійкість до абіотичних стресів, визначити перспективність використання у різних природно-кліматичних умовах. Отримані результати слугуватимуть основою рекомендацій щодо озеленення та оптимізації видового складу насаджень у міських і гірських екосистемах.

Николишин В., Ваків Ю., Кільчицька У., Савчук Ю., Гусак В.

ВПЛИВ НІТРАТУ СРІБЛА НА ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ПАРАМЕТРИ *ROSA CANINA* L. В УМОВАХ *IN VITRO*

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Галицька, 201 Б, м. Івано-Франківськ, 76000, Україна; e-mail: viktoriia.zadarko.22@pnu.edu.ua

Nykolyshyn V., Vakiv Ju., Kilchytska U., Savchuk Y., Husak V. THE EFFECT OF SILVER NITRATE ON THE PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF *ROSA CANINA* L. *IN VITRO*. Silver ions can induce oxidative stress and disturb plant metabolism, but $AgNO_3$ is also used in plant biotechnology (e.g., as an ethylene inhibitor). We evaluated how $AgNO_3$ in the culture medium affects pigment composition and antioxidant-related metabolites in *Rosa canina* leaves grown *in vitro*. $AgNO_3$ decreased chlorophyll *a* and *b* contents, did not significantly change carotenoids, and increased anthocyanins at the highest dose. In parallel, ascorbic acid decreased, vitamin P (flavonoids) increased at higher doses, and high-molecular thiols declined at the highest concentration while low-molecular thiols remained stable. These responses indicate a shift from chlorophyll-dependent photosynthetic potential toward stress-protective antioxidant strategies.

Нітрат срібла ($AgNO_3$) широко застосовують у культурі тканин як регулятор ростових процесів, однак іони Ag^+ можуть спричиняти стрес і перебудову метаболізму рослин. Метою роботи було оцінити вплив різних концентрацій $AgNO_3$ у поживному середовищі на фотосинтетичні пігменти та антиоксидантні метаболіти у листках *Rosa canina* L., культивованої *in vitro*. Рослини вирощували на середовищі Мурасіге-Скуга за стандартних умов освітлення та фотоперіоду; застосовували $AgNO_3$ у діапазоні концентрацій до 50 мг/л. Визначали вміст хлорофілів *a* і *b*, каротиноїдів та антоціанів спектрофотометрично, а також вміст вітаміну С, вітаміну Р і тіолвмісних сполук; статистичну значущість оцінювали за критерієм Даннета ($p < 0,05$).

Показано, що $AgNO_3$ істотно знижує вміст основних фотосинтетичних пігментів: хлорофіл *a* зменшувався на 48%, 49% і 70% за 1, 10 і 50 мг/л відповідно, а хлорофіл *b* – на 40%, 33% і 55% щодо контролю. Вміст каротиноїдів у дослідних варіантах статистично не відрізнявся від контролю. Натомість вміст антоціанів зростав: за 50 мг/л $AgNO_3$ зафіксовано підвищення приблизно у 1,8 раза, що узгоджується з їхньою роллю у протидії стресу та нейтралізації активних форм кисню (АФК).

Паралельно виявлено зміни неферментативної антиоксидантної ланки. Вміст вітаміну С знижувався за 1, 10 та 50 мг/л $AgNO_3$, що може відображати його витрати на знешкодження АФК. Вміст вітаміну Р (флавоноїдів) підвищувався за 10 та 50 мг/л, імовірно, як компенсаторна відповідь на зменшення аскорбату та посилення оксидативного навантаження. Вміст низькомолекулярних тіолів не змінювався в усьому дослідженому діапазоні, тоді як високомолекулярні тіоли знижувалися за найбільшої концентрації $AgNO_3$, що може бути пов'язано з взаємодією Ag^+ із -SH групами білків або пригніченням білкового синтезу.

Отже, $AgNO_3$ у середовищі *in vitro* викликає перебудову метаболізму *R. canina* L.: пригнічення хлорофільного пулу при стабільних каротиноїдах поєднується з активацією «стресових» пігментів (антоціанів) та зміною балансу антиоксидантів (↓вітамін С, ↑вітамін Р) і тіолвмісних сполук. Такі показники можуть бути використані як біохімічні маркери відповіді шипшини на вплив Ag^+ у біотехнологічних протоколах.

Новікова А., Риженко О., Хуторнюк М.

ЛИСТКОВИЙ АПАРАТ КВАСОЛІ ЗА ДІЇ ГІБЕРЕЛІНУ ТА АНТИГІБЕРЕЛІНУ

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, вул. Острозького, 32, м. Вінниця, 21100, Україна; e-mail: rogachv@ukr.net

Novikova A., Ryzhenko O., Khutornyuk M. LEAF APPARATUS OF BEAN UNDER THE ACTION OF GIBBERELLIN AND ANTIGIBBERELLIN. Growth regulators significantly influenced the morphogenesis and productivity of beans of the Skorospilka variety. GA_3 stimulated shoot growth (up to 21%) and increased the number of leaves, while the retardant EW-250 inhibited growth (–15%) and reduced their number, but both grow regulators increased the mass of leaves. Under the action of GA_3, the leaf area and leaf index increased, while EW-250 contributed to an increase in the content of chlorophylls, carotenoids and chlorophyll index. Both regulators increased the specific mass of the leaf, and EW-250 also caused a thickening of the leaf blade and the development of assimilation tissue.

Листок – основний фотосинтезуючий орган рослини, від якого у значній мірі залежить біологічна продуктивність сільськогосподарських культур. З метою регуляції росту, розвитку та продукційного процесу в практиці аграрного виробництва використовують як стимулятори росту гіберелінової природи, так і антигіберелінові препарати. Вони збільшують продуктивність та покращують якість аграрної продукції, підвищують стійкість до несприятливих факторів зовнішнього середовища та хвороб і патогенів (Кур'ята, 2009). У зв'язку з цим, важливо з'ясувати вплив різноспрямованих рістрегуляторів на листковий апарат квасолі звичайної як одного із основних факторів формування біологічної продуктивності культури.

Дослідження проводили на дослідних полях Вінницької обласної станції юних натуралістів. Рослини квасолі сорту «Скороспілка» вранці обробляли за допомогою ранцевого обприскувача СО-12 Marolex 0,005% розчином гіберелової кислоти ($ГК_3$) та ретардантом тебуконазолом (EW-250) у дозуванні 0,025%. Фітометричні показники під час дрібноділянкових дослідів (висоту рослин, масу сирої та сухої речовини, площу листя), ценотичні показники, показник питомої маси листя визначали на 10 рослинах. Площу листків визначали ваговим методом. Вміст пігментів визначали на спектрофотометрі ULAB 102UV (КНР). Регулятори росту зумовлювали зміни у морфогенезі і продуктивності рослин квасолі. Ретардант гальмував ріст пагона на 15%, а $ГК_3$ збільшувала лінійні розміри рослин до 21%. Препарати істотно впливали на листковий апарат рослин квасолі сорту «Скороспілка». $ГК_3$ збільшували кількість листків на рослині на 12%, а EW-250 зменшував на 14%. Разом з тим, обидва препарати збільшували масу сирої і сухої речовини листків на третину в порівнянні з контролем. Площа листя та листковий індекс насаджень за дії $ГК_3$ зростали на 28 та 30% відповідно, а після застосування EW-250 мали тенденцію до зростання (8–9%). Після обробки квасолі EW-250 відбувалося зростання вмісту суми хлорофілів ($a + b$) на 33%, тоді як за обробки $ГК_3$ показник зменшувався на 14%. Вміст каротиноїдів після застосування ретарданту зростав на 18%, а $ГК_3$ зменшувала його на 15%. Хлорофільний індекс насаджень після застосування EW-250 зростав на 64% у порівнянні з контролем, а за дії $ГК_3$ мав тенденцію до зниження (9%).

Обидва препарати збільшували питому масу листя. За дії $ГК_3$ вона перевищувала контроль на 10%, а після обробки EW-250 – на 18%. Аналіз мезоструктурної організації листка квасолі свідчить про достовірне збільшення товщини хлоренхіми за обробки EW-250 (19%) тоді, як після застосування $ГК_3$ асиміляційна тканина достовірно не потовщувалася. EW-250 також збільшував об'єм клітин стовпчастої паренхіми (15%) та спостерігалася тенденція до збільшення розмірів клітин губчастої паренхіми листка. За обробки $ГК_3$ розміри та об'єм клітин хлоренхіми практично не змінювалися.

Такі зміни у будові листкового апарату рослин квасолі можуть сприяти підвищенню її біологічної продуктивності.

Паращак І., Пилипів П., Клепач Г.

ОЦІНКА ВМІСТУ ПОЛІФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК У ЕКСТРАКТАХ МАТЕРИНКИ ЗВИЧАЙНОЇ (*ORIGANUM VULGARE* L.)

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Шевченка, 23, м. Дрогобич, 82100, Україна; e-mail: iryna.parashchak@dspu.edu.ua

Paraschak I., Pylypiv P., Klepach H. ASSESSMENT OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS CONTENT IN EXTRACTS OF *ORIGANUM VULGARE* L. The content of polyphenolic compounds (PPC) in the herb *O. vulgare* L. from natural habitats of the Precarpathian region and pharmaceutical samples was investigated. Using the spectrophotometric method (with Folin-Ciocalteu reagent), it was established that the PPC content in wild raw materials (11.78–12.55 mg/g) does not statistically differ from commercial samples ($p > 0.05$). This confirms the high quality of natural raw materials and their suitability for the production of phytopharmaceuticals.

Трава *Origanum vulgare* L. є цінною лікарською сировиною завдяки високому вмісту біологічно активних речовин (БАР). Високий вміст ефірної олії, дубильних речовин та флавоноїдів зумовлює виражені антимікробні, антиоксидантні й протизапальні властивості рослини (Khorsand, 2022). Завдяки цьому екстракти та ефірні олії материнки звичайної мають широкий спектр застосування у фармакології, медицині та кулінарії (Goun, 2002; Oniga, 2018). Сучасні дослідження вказують на потенційну ефективність *O. vulgare* у терапії серцево-судинних та шлунково-кишкових захворювань, що стимулює інтерес до вивчення її біохімічного складу (Smith, 2020). Зазначається, що кількісний вміст та якісний склад поліфенольних сполук (ПФС) у сировині *O. vulgare* суттєво варіює залежно від еколого-кліматичних умов зростання, генетичної структури, хемотипу популяції (Котюк, 2016). Серед важливих БАР рослини провідна роль належить флавоноїдам (лютеоліну, апігеніну, кверцетину), гідроксикоричним кислотам (розмариновій, кавовій, хлорогеновій) та кумаринам (Oniga et al., 2018).

Метою нашої роботи було порівняльне визначення вмісту ПФС у екстрактах трави *O. vulgare*, заготовленої в природних локалітетах на території Передкарпаття, та її промислових (аптечних) зразках вітчизняних виробників. Об'єктом дослідження слугувала трава *O. vulgare*, заготовлена у трьох природних локалітетах – лучних фітоценозах Передкарпаття (околиці населених пунктів Дрогобицького району Львівської області) в період масового цвітіння. Для порівняльного аналізу використовували промислові (аптечні) зразки трави материнки вітчизняних виробників. Сировину висушували повітряно-тіньовим способом та подрібнювали до розміру часток 1–2 мм, регламентовані Державною фармакопеєю України (Т.3, ДФУ 2.0, 2014). Спиртові екстракти *O. vulgare* отримували методом мацерації: 1 г подрібненої сировини заливали 100 мл 70% етанолом та витримували упродовж 7 діб у темному місці за кімнатної температури. Сумарний вміст ПФС в екстрактах визначали спектрофотометричним (колориметричним) методом із використанням реактиву Фоліна–Чокальтеу. Оптичну густину розчинів вимірювали за довжини хвилі 765 нм. Кількісний вміст ПФС виражали у міліграмах на грам (мг/г) абсолютно сухої сировини (у перерахунку на галову кислоту).

Встановлено, що сумарний вміст ПФС у досліджуваній сировині *O. vulgare* з природних локалітетів є високим і варіює в межах $11{,}78 \pm 0{,}48 – 12{,}55 \pm 0{,}51$ мг/г абсолютно сухої маси. Порівняльний аналіз загального вмісту ПФС у дикорослій сировині та аптечних зразках двох вітчизняних виробників ($11{,}35 \pm 0{,}44$ та $10{,}75 \pm 0{,}41$ мг/г відповідно) не виявив статистично значущої різниці ($p > 0{,}05$). Подібність кількісних показників свідчить про високу якість сировини *O. vulgare* з природних локалітетів Передкарпаття та її повну відповідність фармакопейним вимогам. Це підтверджує придатність дикорослої материнки для її використання як альтернативного джерела лікарської рослинної сировини при виготовленні фітопрепаратів, галенових форм та засобів народної медицини з антиоксидантними властивостями.

Правда Ю., **Макар О.**

ВПЛИВ БАКТЕРІАЛЬНОЇ ІНОКУЛЯЦІЇ НА АЗОТНИЙ ТА БІЛКОВИЙ ОБМІН ЛЮЦЕРНИ В УМОВАХ *IN VITRO*

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: yuliia.pravda@lnu.edu.ua

Pravda Y., Makar O. IMPACT OF BACTERIAL INOCULATION ON NITROGEN AND PROTEIN METABOLISM IN ALFALFA *IN VITRO*. Bacterial inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) represents a sustainable biotechnological alternative to chemical fertilizers, enhancing crop yields without causing environmental degradation. As a key model organism, alfalfa (*Medicago sativa* L.) demonstrates high productivity and nitrogen-fixing capabilities through symbiotic interactions with rhizobacteria such as *Sinorhizobium meliloti*. These microorganisms promote plant development by regulating phytohormone synthesis, increasing nutrient availability via siderophores, and facilitating atmospheric nitrogen assimilation within root nodules. The use of *in vitro* cultivation techniques provides a controlled environment to precisely evaluate these symbiotic mechanisms, allowing for the detailed study of root exudates and microbial colonization patterns.

Вплив бактеріальної інокуляції є предметом численних біотехнологічних досліджень, метою яких є націленість на сталий розвиток та збереження навколишнього середовища. Додавання до рослин ростостимулювальних бактерій (PGPB) є екологічно безпечною альтернативою хімічним добривам (Lopes et al., 2021). Колонізуючи ризосферу, бактерії регулюють синтез фітогормонів, зокрема індоліл-3-оцтової кислоти (ІОК), що стимулює ріст кореневих волосків та збільшує площу поглинання води. Крім того, мікроорганізми підвищують доступність поживних речовин через синтез сидерофорів для зв'язування заліза (Fe^{3+}).

Люцерна (*Medicago sativa* L.) – поширена кормова культура, що асимілює атмосферний азот (N_2) шляхом біологічної фіксації нітрогену завдяки активності ендофітних симбіотичних ризобактерій (Lindström & Mousavi, 2020). Інокуляція дозволяє рослині формувати кореневі бульбочки – «біореактори» для перетворення N_2 у засвоювану форму амонію (NH^{4+}). Оскільки нітроген є ключовим компонентом білків та нуклеїнових кислот, наявність азотфіксувальних мікроорганізмів у середовищі є критичним фактором росту біомаси.

За даними досліджень, інокуляція люцерни штамами *Sinorhizobium meliloti* сприяє зростанню висоти рослин, індексу хлорофілу та накопиченню сухої маси органів (Silva et al., 2020). Також відомі експерименти з групами бактерій *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes* та *Proteobacteria*, які можуть виступати джерелом пуринів для метаболізму рослин (Izaguirre-Mayoral et al., 2018).

Наше дослідження проводилось *in vitro* на агаризованому середовищі Мурасіге-Скуга з додаванням ністатину (25 мг/л) для запобігання грибковій контамінації. Перед висівом насіння піддавали стерилізації у 96% спирті та розчині гіпохлориту натрію (NaClO, 1:1), після чого інокулювали суспензією PGP-бактерій. Об'єкти культивували за контрольованого фотоперіоду (16/8 год) та температури 22–25°C.

Культивування *in vitro* дає змогу отримувати типовий і вільний від хвороб матеріал, нівелювати вплив неконтрольованих факторів довкілля та забезпечити високу відтворюваність результатів (Cantabella et al., 2022). Такий підхід дозволяє не лише досліджувати ексудацію коренями сигнальних сполук, а й є фундаментальним етапом вивчення механізмів встановлення симбіозу рослина-бактерія.

Сопушинська Т., Романюк Н.

ВПЛИВ ВНЕСЕННЯ БІОВУГІЛЛЯ НА РІСТ, ВМІСТ ХЛОРОФІЛУ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ У ПОЛЬОВИХ І ВЕГЕТАЦІЙНИХ УМОВАХ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: tetiana.sopushynska@lnu.edu.ua

Sopushynska T., Romanyuk N. EFFECT OF BIOCHAR APPLICATION ON THE NUTRIENT MANAGEMENT SYSTEM OF SPRING WHEAT: GROWTH, CHLOROPHYLL CONTENT, AND YIELD UNDER FIELD AND POT EXPERIMENTAL CONDITIONS. Results of a comprehensive assessment of the biochar effects on the morphophysiological parameters and yield of spring wheat of Oksamyt Myronivskyi variety. Based on three years of field and laboratory vegetative experiments, the biomass accumulation, changes in plant height and the content of chlorophylls *a* and *b* were analysed under conditions of applying 2% and 5% biochar. It has been shown that biochar application leads to the increase of photosynthetic pigments content which directly correlates with the increase of grain productivity. The prospects for the use of pyrolysis biochar as an effective approach of optimising agricultural technologies in the conditions of western region of Ukraine are discussed.

Зростання чисельності населення та глобальні зміни клімату актуалізують дослідження, спрямовані на підвищення врожайності культур в умовах деградації ґрунтів та необхідності зменшення обсягів хімізації сільського господарства (Kathuria et al., 2024; Byrnes et al., 2017). Перспективним методом покращення родючості є застосування біовугілля (біочару). Завдяки високій пористості та катіонообмінній здатності воно оптимізує водний режим ґрунту та створює сприятливе середовище для розвитку корисної мікрофлори (Ulukan, 2024).

Метою роботи було вивчення впливу додавання в ґрунт біовугілля (2% та 5%) на морфометричні показники, вміст хлорофілів *a* і *b*, а також врожайність пшениці ярої сорту «Оксамит миронівський». Рослини вирощували в польових та лабораторних умовах у чотирикратній повторності впродовж 2023–2025 років. Площа дослідної ділянки рандомізованого польового досліду становила 2 м² (усіх разом – 24 м²). Внесення біовугілля у ґрунт відбувалося на етапі появи проростків, у міжряддя, з розрахунку 0,5 та 1,5 кг/м². Вегетаційний дослід проводили у теплиці: рослини вирощували в горщиках об'ємом 3 л, у кожен з яких вносили по 2 кг ґрунту з додаванням біовугілля (2% та 5%). Вміст хлорофілів визначали у прапорцевих листках на етапі виходу в трубку, а морфометричні показники вимірювали на етапі кущіння. Отримані результати опрацьовували статистично.

Встановлено, що внесення 2% та 5% біовугілля покращує морфометричні показники та вміст фотосинтетичних пігментів пшениці ярої, що безпосередньо підвищує врожайність. Найвищу продуктивність зафіксовано у 2023 році: врожайність зросла в 1,3 раза (за конц. 2%) та в 1,6 раза (за конц. 5%) порівняно з контролем. У 2024 році позитивний вплив зберігся, забезпечивши приріст у 1,1 та 1,2 раза відповідно. Упродовж вегетаційного періоду 2025 року застосування біовугілля як ґрунтополіпшувача в концентраціях 2% і 5% також сприяло покращенню ростових показників рослин – зокрема, висоти надземної частини, а також маси сирої та сухої речовини, особливо за польових умов вирощування. За концентрації 5% біовугілля вміст хлорофілу *a* зріс на 14%, а хлорофілу *b* – на 19%. Врожайність 2025 року перевищила контроль у 1,1 раза (конц. 2%) та в 1,2 раза (конц. 5%).

Отримані результати свідчать про перспективність застосування біовугілля для підвищення родючості ґрунту та доступності поживних речовин, що у довгостроковій перспективі може сприяти збільшенню продовольчої безпеки. Водночас необхідно враховувати, що ефективність біовугілля визначається типом і якісними характеристиками ґрунту, а також екологічними та кліматичними умовами впродовж вегетаційного сезону.

Стефанів М., Мамчур О.

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РЕГОПЛАНТ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВМІСТ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У РОСЛИН *OCIMUM BASILICUM* L.

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: mariastefaniv6@gmail.com

Stefaniv M., Mamchur O. INFLUENCE OF THE GROWTH REGULATOR REGOPLANT ON MORPHOMETRIC PARAMETERS AND CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN *OCIMUM BASILICUM* L. PLANTS. The effect of the growth regulator Regoplant on seed germination, morphometric parameters, and content of chlorophyll *a* and *b* in *Ocimum basilicum* L. was studied. Seeds were treated with different dosages of the regulator (1.0; 2.5 and 5.0 ml/l), while the control was untreated. It was found that the treatment improved germination, stimulated the growth of shoots and roots, and increased the aboveground biomass. The highest effect was observed at 2.5 ml: germination reached 76%, and morphometric indicators exceeded the control values. The content of chlorophyll *a* and *b* in treated plants was higher than in the control, indicating enhanced photosynthetic activity. The results confirm the effectiveness of Regoplant as a stimulator of growth and development in basil.

У сучасних умовах вирощування пряно-ароматичних культур актуальним є застосування регуляторів росту з метою підвищення продуктивності та покращення фізіологічного стану рослин. Метою роботи було дослідити вплив регулятора росту Регоплант на показники проростання, морфометричні параметри та вміст фотосинтетичних пігментів у рослин базиліку.

Об'єктом дослідження були рослини *Ocimum basilicum* L. Насіння обробляли розчинами препарату Регоплант у кількості 1,0; 2,5 та 5,0 мл/л (робочий розчин – 0,25 мл/л). Контрольний варіант передбачав вирощування без застосування регулятора. Рослини вирощували за оптимальних температурних умов (22–29°C) та достатнього освітлення. У ході досліджень визначали відсоток проростання насіння, довжину пагона і кореня, масу надземної та підземної частин, а також вміст хлорофілів *a* і *b* у листках.

Результати показали, що застосування регулятора росту сприяло покращенню проростання. Найвищий відсоток пророслого насіння відзначено у варіанті 2,5 мл/л – 76%, що перевищувало контроль (70%). У варіантах 1,0 та 5,0 мл/л цей показник становив 68% та 73% відповідно. Біометричні вимірювання засвідчили стимулювання ростових процесів: довжина пагона у дослідних рослин становила 4,9–5,3 см проти 4,0 см у контролі, а довжина кореня – 7,5–9,13 см проти 6,55 см. Найбільші показники розвитку кореневої системи відзначено у варіанті 2,5 мл/л Регопланту.

Маса надземної частини рослин у дослідних варіантах перевищувала контрольні значення (0,244 г) та досягала 0,331–0,377 г, що свідчить про активніше накопичення біомаси. Аналіз пігментного складу листків підтвердив позитивний вплив препарату на фотосинтетичний апарат. Сумарний вміст хлорофілів (*a*+*b*) у дослідних рослин становив 1,025–1,043 мг/г сирої речовини, тоді як у контролі – 0,717 мг/г. Підвищення концентрації хлорофілів може свідчити про посилення фотосинтетичної активності та кращий фізіологічний стан рослин.

Таким чином, застосування регулятора росту Регоплант позитивно вплинуло на проростання насіння, формування кореневої системи, накопичення біомаси та пігментний склад рослин *O. basilicum* L. Найбільш виражений стимулювальний ефект спостерігали при застосуванні 2,5 мл/л препарату, що дозволяє вважати цю концентрацію оптимальною в умовах проведеного досліду.

Сулімко Н., Романюк Н.

ВПЛИВ ВМІСТУ ХІМІЧНИХ ГРІЛОК НА РІСТ І РОЗВИТОК *LEPIDIUM SATIVUM* L.

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: nataliia.sulimko@lnu.edu.ua

Sulimko N., Romanyuk N. THE EFFECT OF THE EXTRACT OF THE CONTENT OF CHEMICAL HEATING PADS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF *LEPIDIUM SATIVUM* L. The study analysed the effect of different concentrations of 2–40% of the filler extract from chemical heating pads (manufactured by Hem Zaden B. V., Netherlands) on seed germination, biomass and linear growth of cress seedlings. It has been established that low concentrations 2–5% have a promoting effect, while high concentrations 10–40% significantly inhibit the growth of seedlings and reduce their fresh weight.

Дослідження впливу хімічних речовин антропогенного походження на рослинні організми є актуальним для розуміння екологічних ризиків. В умовах ведення активних військових дій використання засобів автономного обігріву набуло масового характеру. За даними Державного оператора тилу, лише на кінець 2025 року для потреб ЗСУ було закуплено 300 тис. одиниць хімічних грілок, а у лютому 2026 року анонсовано постачання додаткових 150 тис. одиниць. Велика кількість використаних виробів потрапляє у довкілля без належної утилізації, що створює ризик масштабного забруднення ґрунтів. Хімічні грілки містять складну суміш речовин (залізо, активоване вугілля, вермикуліт), які після відпрацювання залишаються у субстраті. Крес-салат (*Lepidium sativum* L.) є класичним біоіндикатором у фітотоксикологічних тестах.

Метою роботи було визначити вплив водного екстракту вмісту хімічної грілки на початкові етапи онтогенезу крес-салату. Для приготування 50 мл екстрактів використовували вміст грілок у таких концентраціях: 2%, 5%, 10%, 20% та 40%. Дослідження проводили у чашках Петрі (по 20 насінин у кожній) у трикратній повторності. Як контроль використовували дистильовану воду. Оцінку росту проводили за зміною лінійних розмірів та визначенням середньої сирої маси одного проростка.

Було встановлено, що у всіх дослідних варіантах екстракт не впливав на енергію проростання насіння тест-об'єкта. Проте аналіз подальшого розвитку *L. sativum* L. засвідчив суттєвий вплив компонентів хімічних грілок як на лінійні розміри, так і на накопичення біомаси. У групах з високою концентрацією екстракту (10–40%) спостерігалося сповільнення темпів росту: на 7-му добу після посіву довжина проростків не перевищувала 1 см, а на 14-ту добу досягла лише 2 см, що вказувало на пригнічення елонгації клітин. Показники біомаси продемонстрували дозозалежний ефект зі статистично достовірною різницею ($p < 0,05$) відносно контролю. Низькі концентрації екстракту мали стимулювальний ефект: середня маса одного проростка при 2% та 5% була ідентичною і становила $0,13 \pm 0,01$ г (контроль $0,07 \pm 0,01$ г). Зі збільшенням концентрації до 10% та 20% маса знижувалася до $0,08 \pm 0,01$ г. Найбільш токсичним виявився 40% екстракт, де маса проростка була критично низькою (близько 0,001 г), що свідчило про майже повне пригнічення ростових процесів. Розрахунок критерію Стьюдента підтвердив достовірність отриманих результатів для всіх дослідних варіантів.

На підставі отриманих результатів встановлено токсичність високих концентрацій вмісту хімічних грілок для рослинних організмів, що потребує уваги до питань їхньої безпечної утилізації, особливо в зонах активних військових дій.

Чернікова Н.

ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО, БІОХІМІЧНОГО ТА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ РИЗОСФЕРНОГО ҐРУНТУ *EPIPACTIS PALUSTRIS* ТА ЇХ РОЛЬ У СТРАТЕГІЇ СТІЙКОСТІ РОСЛИН

Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України,
вул. Садово-Ботанічна, 1, м. Київ, 01014, Україна; e-mail: nina95273@gmail.com

Chernikova N. FEATURES OF THE MINERAL, BIOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL COMPOSITION OF THE RHIZOSPHERE SOIL OF *EPIPACTIS PALUSTRIS* AND THEIR ROLE IN THE STRATEGY OF PLANT RESISTANCE. The rare orchid species *Epipactis palustris* (L.) Crantz, listed in the Red Book of Ukraine, requires detailed study of the basis of its stable growth and development. The aim of the study was to investigate the mineral composition, biochemical and microbiological indicators in plants and rhizosphere soil. The results obtained comprehensively reflect the ability of *E. palustris* plants to maintain functional stability in wet biotopes through the integration of mineral nutrition, hormonal regulation, and interaction with soil microbiota.

Особливої актуальності набули дослідження стійкості рідкісних видів рослин в сучасних умовах змін клімату та потужного антропогенного навантаження. Серед них – орхідея *Epipactis palustris* (L.) Crantz, занесена до Червоної книги України (2009), тому існує потреба детального вивчення екологічних стратегій виживання виду для розробки ефективних заходів щодо охорони даного виду.

Метою дослідження є визначення вмісту макро- і мікроелементів у рослинах *E. palustris* та ризосферному ґрунті, вторинних метаболітів, активності лакази, алелопатичного потенціалу з оцінкою цих показників, їх впливу на мікробіологічний склад ґрунту. Відбір зразків проводили в період розвитку пагонів *E. palustris*, цвітіння та дозрівання насіння у 2024 р. на експозиційній ділянці Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України (м. Київ).

Встановлено, що рослини *E. palustris* відзначаються високою фізіолого-біохімічною пластичністю та здатністю підтримувати мінеральний гомеостаз навіть за сезонного зниження концентрації більшості макро- і мікроелементів у ґрунті. У листках спостерігається підвищене накопичення Ca, Mg, Sr і Si, що свідчить про селективне поглинання елементів та формування ефективних іонно-регуляторних механізмів, спрямованих на забезпечення структурної стабільності й адаптації до змін умов середовища.

Підтверджено здатність виду зберігати гормонально-мінеральну рівновагу, що проявляється у стабільних показниках брасиностероїдів упродовж вегетації. Зниження активності лакази та вмісту гумусу в літній період на тлі підвищення концентрації HCO_3^- і зростання електропровідності ґрунту свідчать про активізацію процесів трансформації органічної речовини й мобілізації елементів живлення, створюючи сприятливі умови для росту і розвитку рослин.

Невисока алелопатична активність ґрунту під рослинами *E. palustris* свідчить про переважання симбіотичної стратегії взаємодії з мікробіотою. Сезонна перебудова мікробних угруповань ризосфери відображає зміну напрямів біохімічної трансформації органічної речовини, тоді як стабільна присутність азотфіксувальних мікроорганізмів забезпечує сталий азотний режим і підтримання родючості ґрунту.

Отже, рослини виду *E. palustris* реалізують інтегровану стратегію функціональної стійкості, засновану на поєднанні селективного мінерального живлення, гормональної регуляції та тісної взаємодії з ризосферною мікробіотою. Це поглиблює розуміння механізмів адаптації рідкісного виду до абіотичних і біотичних стресів та має значення для розробки науково-обґрунтованих підходів до охорони орхідей у природних і урбанізованих екосистемах.

Чернікова Н.

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО, БІОХІМІЧНОГО ТА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ РИЗОСФЕРНОГО ҐРУНТУ НА СТІЙКІСТЬ РОСЛИН *ROSA GLAUCA* POURR.

Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України, вул. Садово-Ботанічна, 1, м. Київ, 01014, Україна; e-mail: nina95273@gmail.com

Chernikova N. THE INFLUENCE OF MINERAL, BIOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL COMPOSITION OF THE RHIZOSPHERE SOIL ON THE RESISTANCE OF *ROSA GLAUCA* POURR PLANTS. *Rosa glauca* Pourr. is a powerful source of natural antioxidants and bioactive secondary metabolites. The aim of the study was to determine the role of biogenic elements and secondary metabolites in plants and rhizosphere soil, and their effect on soil microbiota. The plant demonstrates symbiosis with soil microbiota, a developed system of chemical adaptation to stress, and can be used as an element of phytoremediation technologies, especially in urbanised and technologically polluted areas.

Сучасні наукові дані засвідчують, що вид *Rosa glauca* Pourr. є перспективним джерелом природних антиоксидантів і характеризується здатністю до синтезу біологічно активних вторинних метаболітів. Шипшина сиза відзначається стабільним ростом у різних екологічних умовах, але механізми формування стійкості в цих рослин залишаються недостатньо з'ясованими.

Метою дослідження було визначення вмісту макро- та мікроелементів у рослинах і ризосферному ґрунті, вторинних метаболітів з аналізом їхнього впливу на мікробоценоз ґрунту. Дослідження виконано у 2024 році впродовж основних фенологічних фаз розвитку *R. glauca*, інтродукованої у розарії Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України.

Встановлено, що рослини *R. glauca* характеризуються здатністю до акумуляції широкого спектра хімічних елементів і функціонуванням ефективних механізмів детоксикації, що зумовлює високий рівень їх фізіолого-біохімічної стійкості. Важливу роль у зміцненні клітинних стінок і підвищенні стресостійкості відіграє мобілізація кремнію в ґрунті та його подальше залучення до метаболічних процесів рослини (Greger, 2018; Pavlovic et al., 2021). Встановлено закономірність, що високий рівень Sr у рослині сприяє розвитку азотфіксуючих бактерій у ризосфері, які, у свою чергу, підвищують рівень родючості ґрунту під рослинами шипшини сизої.

Збереження стабільної мікробіологічної структури ґрунту в ризосфері рослин свідчить про сформовану систему трофічних і функціональних взаємодій та про позитивний вплив виду на ґрунтоутворювальні процеси й перебіг біогеохімічних циклів. У цьому випадку шипшина сиза проявляє стратегію симбіозу з мікроорганізмами ґрунту.

Профіль вторинних метаболітів шипшини відображає цілісну систему хімічної адаптації, що забезпечує високий рівень екологічної стійкості рослин. Підвищений уміст танінів у листках вказує на формування ефективного захисного бар'єра проти фітопатогенів і фітофагів, тоді як значна концентрація флавоноїдів підтверджує здатність рослин протидіяти абіотичним стресовим чинникам (Anjali et al., 2023). Флавоноїди забезпечують високий алелопатичний потенціал, підвищуючи конкурентоспроможність виду в рослинному угрупованні (Zaynab et al., 2018). Антоціани сприяють адаптації рослин до змін мікрокліматичних умов (Chechui, 2021). Сапоніни та тритерпеноїди регулюють взаємодію рослини з ґрунтовою біотою та забезпечують захист від шкідників.

Отже, отримані результати дають підстави розглядати *R. glauca* як перспективний вид для використання в урбанізованих екосистемах для підвищення ефективності фіторемедіації та стабілізації ґрунтових екосистем, зокрема на територіях із підвищеним вмістом алюмінію та інших металів.

Швець Д., Рогожук М.

ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ НА РІСТ І РОЗВИТОК ЗВІРОБОЮ ЗВИЧАЙНОГО (*HUPERICUM PERFORATUM*)

Донецький національний університет імені Василя Стуса, вул. 600-річчя, 21, м. Вінниця, 21021, Україна; e-mail: shvets_da@donnu.edu.ua

Shvets D., Rohozhuk M. THE EFFECT OF LASER IRRADIATION ON THE GROWTH *HUPERICUM PERFORATUM*. The work investigated the effect of laser irradiation of *Hypericum perforatum* seeds on the growth, development and pigment composition of plants. It was found that treatment with red and blue laser light in combination with stratification contributes to an increase in growth rates and a change in the content of chlorophyll *a* and *b*. The results obtained confirm the prospects of laser stimulation as an environmentally safe method of improving the quality of medicinal raw materials.

Лікарські рослини здавна займають важливе місце в системі оздоровлення людини. Попри активний розвиток фармакології та створення синтетичних препаратів, фітотерапія залишається затребуваною. Підвищення якості та продуктивності лікарської сировини є актуальним завданням, особливо в умовах сучасних кліматичних змін і воєнних викликів, коли зростає потреба в ефективних, екологічно безпечних технологіях вирощування культур. Одним із перспективних напрямів є застосування лазерного стимулювання насіння. Цей метод дозволяє активізувати ростові процеси, покращити розвиток рослин та потенційно підвищити якість сировини без використання додаткових хімічних засобів.

Об'єктом дослідження був звіробій звичайний (*Hypericum perforatum*). Предметом дослідження стали зміни у рості, розвитку та фізіологічному стані рослин під впливом лазерного опромінення. Опромінення насіння проводили когерентними монохроматичними променями червоного (635 нм) та синього (405 нм) спектрів за допомогою LED-лазерів потужністю 100 мВт/см². Передбачалося дев'ять варіантів обробки з різною тривалістю впливу (5 і 10 секунд окремо та в поєднанні), а також контроль без опромінення.

На першому етапі дослідження встановлено, що лазерне опромінення впливає на ростові показники звіробою. Середні значення висоти рослин у дослідних варіантах досягали 22–25 см, тоді як у контролі цей показник був нижчим. Найкращі результати за середньою висотою продемонстрували варіанти В6, В5 та В9. Водночас у низці груп спостерігалася значна різниця між мінімальними та максимальними значеннями, що свідчить про неоднорідність реакції рослин на різні режими опромінення. На другому етапі, після стратифікації, показники росту загалом зросли. Найбільший середній ріст зафіксовано у варіанті В7 (17,8 см), а також у В5 (16,0 см) і В6 (15,7 см). Контрольна група продемонструвала найнижчий результат – 1,0 см, що підтверджує стимулювальний вплив лазерного опромінення та стратифікації. Порівняння двох етапів показало, що стратифікація посилює ефект лазерної стимуляції та сприяє більш рівномірному росту. Аналіз пігментного складу листків показав, що вміст хлорофілу *a* варіював у межах 0,332–2,258 мг/г, а хлорофілу *b* – 0,293–1,547 мг/г. Співвідношення хлорофілів *a/b* змінювалося від 0,64 до 2,45, що свідчить про різний фізіологічний стан рослин та можливі відмінності в інтенсивності фотосинтетичних процесів під впливом лазерної обробки.

Лазерне опромінення насіння червоним і синім світлом позитивно впливає на ріст і розвиток звіробою звичайного. Найбільш ефективними виявилися окремі комбіновані режими обробки, що забезпечили підвищення середньої висоти рослин. Поєднання лазерного опромінення зі стратифікацією підсилює стимуляційний ефект і сприяє активнішому росту. Виявлені зміни у вмісті хлорофілів *a* і *b* підтверджують вплив лазера на фізіологічний стан рослин.

Отримані результати свідчать про перспективність використання лазерного опромінення як екологічно безпечного методу підвищення продуктивності та якості лікарської сировини звіробою.

Шепарович Н., Кобилецька М.

ВПЛИВ БУРШТИНОВОЇ КИСЛОТИ НА ПРОЦЕС РИЗОГЕНЕЗУ ЖИВЦІВ ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: nataliasheparovich@ukr.net

Sheparovych N., Kobyletska M. INFLUENCE OF SUCCINIC ACID ON RHIZOGENESIS OF ORNAMENTAL PLANT CUTTINGS. The influence of succinic acid at concentrations of 2.5% and 5% on rhizogenesis of ornamental plant cuttings was investigated. In most species, treatment inhibited rooting and promoted fungal infection. Rooting percentage in control was higher than in treated variants. A stimulating effect of 5% succinic acid was observed only in *Tradescantia virginiana* L. The results indicate species-specific and dose-dependent effects of succinic acid on adventitious root formation.

Процес ризогенезу є ключовим етапом вегетативного розмноження рослин і визначається складною взаємодією гормональних, генетичних та екологічних чинників. Провідну роль у формуванні адвентивних коренів відіграють ауксини, які ініціюють проліферацію клітин та їх диференціацію (Коваленко, 2017). Бурштинова кислота розглядається як метаболіт циклу трикарбонових кислот і потенційний регулятор ростових процесів, здатний впливати на енергетичний обмін, антиоксидантний захист і гормональний баланс рослин (Ліхунова, 2005).

Метою роботи було дослідити вплив бурштинової кислоти на процес ризогенезу живців декоративних рослин. Об'єктами дослідження були живці *Lavandula angustifolia* Mill., *Salvia rosmarinus* Spenn., *Tradescantia virginiana* L., *Prunus laurocerasus* L., *Juniperus squamata* Buch.-Ham., *Ilex aquifolium* L., *Thujopsis dolabrata* L. та *Taxus baccata* L. Живці обробляли розчинами бурштинової кислоти з концентрацією 2,5% та 5%; контроль – дистильована вода. Вкорінення оцінювали за відсотком укорінених живців і морфометричними показниками кореневої системи.

Встановлено, що у водних розчинах бурштинової кислоти спостерігався розвиток плісняви та загнивання тканин живців. У варіантах із концентраціями 2,5% і 5% укорінення більшості видів не відбулося. Після пересадки у перліт найвищий відсоток вкорінення зафіксовано в контролі (33,3%), тоді як при 2,5% він становив 20,83%, а при 5% – 4,17%. У *S. rosmarinus* та *P. laurocerasus* обробка кислотою суттєво пригнічувала формування коренів порівняно з контролем. У *L. angustifolia* укорінення спостерігалося лише в контролі. Для *J. squamata*, *I. aquifolium, T. dolabrata* та *T. baccata* укорінення не відбулося в жодному варіанті. Винятком була *T. virginiana*, у якої 5% розчин сприяв збільшенню маси та об'єму кореневої системи.

Отримані результати свідчать про дозозалежний та видоспецифічний характер дії бурштинової кислоти. Використані концентрації в більшості випадків мали інгібуючий ефект, що може бути пов'язано з осмотичним стресом і розвитком мікрофлори в середовищі обробки (Петренко, 2018). Для оптимізації застосування бурштинової кислоти доцільним є підбір нижчих концентрацій та використання очищеної речовини без домішок вуглеводів.

Шкоропад О., Романюк Н.

ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ СТРЕСОСТІЙКОСТІ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ЯРОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ PGP-БАКТЕРІЙ

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна; e-mail: olena.shkoropad@lnu.edu.ua

Shkoropad O., Romanyuk N. PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF INCREASING THE STRESS TOLERANCE OF SPRING WHEAT PLANTS USING PGP BACTERIA. Wheat is one of the leading cereal crops providing food for the global population. However, global climate changes and abiotic factors, such as salinity, significantly affect plant growth and productivity. An effective and eco-friendly strategy to enhance plant tolerance is the use of plant growth-promoting bacteria (PGPB). The purpose of this study was to investigate the role of PGPB (particularly *Streptomyces sp.*) in regulating the growth and adaptation of spring wheat under osmotic stress induced by 100 mM NaCl.

Пшениця яра (*Triticum aestivum* L.) є стратегічно важливою культурою для забезпечення продовольчої безпеки, проте її врожайність істотно обмежується дією абіотичних стресорів (Khalid, 2023; Nyaupane, 2024). Глобальний дефіцит води та засолення ґрунтів викликають комплексні морфофізіологічні зміни, що призводять до пригнічення росту та зниження продуктивності сільськогосподарських культур (Neupane, 2022; Iqbal, 2023). Одним із найбільш перспективних та екологічно безпечних підходів до вирішення цієї проблеми є застосування ріст-стимулювальних бактерій (PGPB), які здатні покращувати мінеральне живлення та активувати захисні механізми рослин (Romano, 2020; Chieb, 2023; Fang, 2023).

Метою роботи було з'ясувати роль PGP-бактерій у регуляції процесів росту та розвитку рослин пшениці м'якої ярої сортів «Дубравка» та «Миронівський оксамит» (селекція МІП ім. В. М. Ремесла НААН) за умов осмотичного стресу, спричиненого засоленням. Об'єктом дослідження були процеси росту та адаптації проростків пшениці. Для дослідження PGP-ефектів у роботі використовували бактерії роду *Streptomyces*, які відомі своєю здатністю синтезувати фітогормони, еліситори, сидерофори та антиоксидантні ферменти (Trdá, 2015; Schillaci, 2019).

Дослідження проводили в умовах *in vitro* на агаризованому поживному середовищі Мурасіге-Скуга (МС) з додаванням 100 мМ NaCl для моделювання осмотичного стресу та ністатину (25 мг/л) для запобігання грибковій контамінації. Перед висівом насіння пшениці піддавали послідовній стерилізації у 96% спирті та розчині гіпохлориту натрію (NaClO) у дистильованій воді (1:1), після чого проводили інокуляцію суспензією PGP-бактерій. Об'єкти культивували у стерильних банках за контрольованого фотоперіоду (16/8 год) та температури 22–25°C.

За результатами проведених досліджень встановлено, що бактеріальна інокуляція сприяє нівелюванню негативної дії осмотичного стресу на ранніх етапах онтогенезу пшениці. Експериментально підтверджено, що використання PGP-бактерій забезпечує стабільність роботи фотосинтетичного апарату, що виражається у вищому вмісті хлорофілів Chl *a* та Chl *b* порівняно з неінокульованими рослинами в умовах засолення. Крім того, бактеріальна обробка стимулює розвиток кореневої системи та збільшення маси сирої і сухої речовини проростків. Такі ефекти є результатом активації захисних механізмів, зокрема, зниження інтенсивності процесів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) та посиленого синтезу осмопротекторів, що допомагають рослинам протидіяти зневодненню.

Таким чином, застосування штамів *Streptomyces sp.* є дієвим та перспективним інструментом для підвищення адаптації рослин пшениці ярої до дії осмотичного стресу. Отримані дані можуть стати основою для розробки новітніх біопрепаратів, спрямованих на підвищення врожайності зернових культур у несприятливих умовах довкілля.

Шуба С., Пісоцька Л.

ОЦІНКА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИН МЕТОДОМ РЕЄСТРАЦІЇ ЇХ ГАЗОРОЗРЯДНОГО СВІТІННЯ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», просп. Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна; e-mail: Shuba.S.S@nmu.one

Shuba S., Pisotska L. EVALUATION OF THE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF PLANTS BY THE METHOD OF REGISTRATION OF THEIR GAS-DISCHARGE GLOW. The work experimentally demonstrates the registration of gas-discharge (GD) images around plants on X-ray film. The obtained GD radiation of the buds, flowers, and leaves reflected the presence or absence of visible damage. Violation of the integrity of the leaf edge was detected even in the absence of external signs.

В умовах сучасної технократизації світу особливої актуальності набуває дослідження біологічного стану рослин як індикатора екологічної ситуації в регіоні. Важливим завданням є раннє виявлення зниження їх життєдіяльності до появи візуальних ознак ушкодження. Біохімічні і енергетичні реакції в рослинному організмі є тісно взаємопов'язаними. Краї листкової пластинки виступають ключовими органами, що забезпечують електрофізіологічні функції у процесах життєдіяльності. Доведено, що біоенергетичні властивості бруньок і квітів суттєво зростають завдяки особливостям їхньої геометричної фазової морфології (Pisotska, 2020). Іонізація повітря кроною є постійним природним фактором у життєдіяльності рослин (Пісоцька, 2020). Ймовірно, за ступенем іонізації навколо частини рослини можна оцінювати прихований вегетаційний потенціал та якість плодів при відсутності зовнішніх проявів їх пошкодження. Надслабке випромінювання біологічних об'єктів посилюється у високочастотному полі і може бути зафіксоване на фотоносії методом газорозрядної фотографії (ГРФ). Для отримання ГРФ рослин нами використовувався експериментальний прилад із застосуванням рентгенівської плівки (Пісоцька, 2015).

Ми отримали ГР-фотографії бруньок абрикоса різного розміру, розташованих близько одна до одної. Навколо них спостерігалася корона світіння високої інтенсивності з цілісними краями та вираженою люмінесценцією навколо щільного випромінювання. Візуалізована внутрішня структура бруньок різнилася залежно від їхнього розміру, що відображало різний вегетаційний стан об'єктів. На відміну від менших, більша за розміром брунька мала пошарову морфологію та гомогенну картину випромінювання. Висока інтенсивність випромінювання корони навколо бруньок свідчила про значний потенціал росту рослини. Це підтвердилося характеристиками корони вже розкритої квітки, яка була поруч з бруньками. Її корона мала рівні контури навколо всіх пелюсток, щільне випромінювання з вираженою люмінесценцією та цілісний округлий центр, позбавлений світіння.

На ГР-фотографіях листків каштану без видимих пошкоджень та з темними плямами було виявлено наступне. На зображенні корони випромінювання навколо ділянок листка із плямами світіння було відсутнє, а малюнок пластинки листка не проявлявся. На листку без видимих пошкоджень корона випромінювання в окремих місцях була фрагментованою, як і внутрішній малюнок пластинки, що свідчило про приховане зниження життєздатності рослини. Можливість ранньої візуалізації резервів життєдіяльності рослин методом їх ГР-фотографії на рентгенівській плівці було також підтверджено при дослідженні свіжозрізаного листка хлорофітуму без видимих порушень цілісності країв, кольору чи яскравості. Проте на зображенні газорозрядного випромінювання навколо листка було виявлено пошкодження у вигляді розриву його краю та наявності над ним чужорідної сферичної структури з відростком, зануреним у тканини рослини.

Отже, використання методу газорозрядної фотографії на рентгенівській плівці доцільне для аналізу різних органів рослин для раннього виявлення прихованих процесів порушення їх метаболізму і якості, що має практичне значення для вирішення питань в експериментальній біології і агровиробництві.

Fesenko M., Batuieva Y.

INFLUENCE OF SELECTIVE LIGHTING REGIME ON THE GROWTH AND BIOSYNTHETIC ACTIVITY OF LEGUME SEEDLINGS

V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobody Square, 4, Kharkiv, 61022, Ukraine; e-mail: batuieva@karazin.com

Due to climate change, it is relevant to regulate the physiological and biochemical processes of plants under controlled conditions to increase productivity. An effective tool is light culture, where, along with temperature, water, and mineral regimes, lighting parameters – spectrum, intensity, duration, and periodicity – are optimized. The use of monochromatic light and its combinations allows us to control growth and biosynthetic processes, but the influence of the spectrum, taking into account the photoperiodic reaction of plants, has not been sufficiently studied. The aim of the study was to investigate the effect of selective light (red, green and blue) on the growth and biosynthetic reactions of legume seedlings in light culture.

The plant material used was long-day (LDP) peas (*Pisum sativum* L.) of the Macenat variety and short-day (SDP) soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) of the Hadzhibey variety and neutral-day (NDP) soybeans of the Yatran variety. Pre-sterilized seeds were germinated in Petri dishes on filter paper with 5 ml of distilled water in the dark at a temperature of 21–24°C in a thermostat for 3 days. After germination, the plants were cultivated in a room greenhouse Flora for two weeks. The plants were irradiated with monochromatic light using LED matrices: red (RL 660 ± 10 nm), green (GL 525 ± 10 nm), and blue (BL 470 ± 10 nm) light. Control plants were grown under white light. Throughout the experiment, the photoperiod was 16 hours, and the air temperature was 20–22°C. After the experiment, linear growth, biomass, and the content of soluble carbohydrates and proteins in shoots and roots were evaluated.

Irradiation with GL of LDP of the pea Macenat variety stimulated the elongation of shoots and roots and an increase in the total length of seedlings, while RL and BL reduced their linear dimensions, especially of the root system; biomass accumulation increased slightly under GL and decreased under BL. In SDP of soybean of the Hadzhibey variety, RL and BL significantly increased the total biomass, mainly due to shoots, while the greatest accumulation of mass in the roots was observed under GL. In NDP of soybean of the Yatran variety, RL and BL also increased total biomass: BL mainly due to shoots, and RL due to the root system. In the shoots of the Macenat pea variety, lighting with BL increased the content of monosaccharides, and RL and GL – oligosaccharides content, while in the roots, RL and GL increased the total sugar content mainly due to monosaccharides, with a decrease in the proportion of oligosaccharides. In the shoots of the Hadzhibey soybean variety, GL and BL reduced the total content of soluble carbohydrates, but in the roots, red and green light promoted their accumulation, with red light increasing the proportion of monosaccharides. In NDP soybeans of Yatran variety, selective light reduced the total sugar content in both shoots, mainly due to oligosaccharides, and roots, due to monosaccharides, while RL additionally stimulated the accumulation of oligosaccharides in the root system. In Macenat pea seedlings, RL and GL slightly increased the content of water-soluble proteins, while BL, especially in the roots, decreased it. In Hadzhibey soybeans, RL and BL reduced the protein content, most noticeably in the underground part. In Yatran soybeans, RL stimulated the accumulation of soluble proteins in the shoots, although their overall level remained lower than in the SDP.

The results demonstrate that the growth responses of legume seedlings in light culture are closely related to changes in the intensity of biosynthetic processes induced by the spectral composition of light. The increase in the linear dimensions of shoots and root systems was not always accompanied by a proportional accumulation of biomass, indicating that growth was predominantly due to cell elongation. At the same time, the lighting conditions that ensured biomass growth were characterized by an increased content of carbohydrates and proteins. The differences found between long-day, short-day, and neutral-day forms indicate the involvement of photoperiodically determined regulatory mechanisms in controlling the redistribution of assimilates and the implementation of growth programs in the early stages of ontogenesis.

Firlong-Lauda O., Macegoniuk K., Piekutowska M.

PLANT-DERIVED BIOACTIVE COMPOUNDS IN SEED TREATMENT AS A COMPONENT OF A SUSTAINABLE PLANT PROTECTION STRATEGY UNDER REDUCED SYNTHETIC PESTICIDE USE

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewskiego St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; e-mail: oliwia.firlong@upsl.edu.pl

The progressive tightening of legislative restrictions on the use of synthetic plant protection products, coupled with the growing environmental demands of the European Green Deal and the Farm to Fork Strategy, is intensifying the search for environmentally safe, alternative seed treatment technologies. Growing public concern regarding pesticide residues, pathogen resistance and biodiversity loss is accelerating the development of innovative, low-impact solutions even further. In this context, natural bioactive compounds are a promising group of substances to incorporate into modern seed dressing formulations as they combine antimicrobial, antioxidant and plant growth-promoting properties in a single, integrated approach.

Scientific literature emphasises that seed treatments based on biopolymers, plant extracts, secondary metabolites and microbially derived compounds can significantly improve the sanitary status of seeds, their germination dynamics and the vigour of seedlings (Lamichhane et al., 2019; Rocha et al., 2019). Biopolymer matrices, such as chitosan or alginate, act as carriers and can enhance adhesion, controlled release and the formation of a protective barrier on the seed surface. Natural compounds often exhibit multi-target modes of action, reducing the risk of pathogen resistance compared to conventional, single-site, synthetic fungicides.

Cinnamaldehyde, the principal constituent of cinnamon bark essential oil derived from *Cinnamomum* spp., is among the natural substances with particularly high application potential and has attracted considerable attention due to its strong fungistatic and bacteriostatic activity. It acts by destabilising pathogen cell membranes, disrupting cell wall integrity, interfering with membrane-bound enzymes and inhibiting cellular respiration and ATP synthesis (Hyldgaard et al., 2012). Additionally, cinnamaldehyde may induce an oxidative imbalance in microbial cells, resulting in metabolic dysfunction and growth inhibition. When used to treat seeds, this compound has been shown to be effective against seed-borne pathogens such as *Fusarium* and *Alternaria*, while exhibiting relatively low phytotoxicity towards plant tissues when applied at optimised concentrations. Its volatility and biodegradability further support its environmental compatibility.

Other phenylpropanoids and monoterpenes, such as eugenol and carvacrol, have comparable antimicrobial potential. Their activity is associated with disruption of the proton motive force, increased membrane permeability, leakage of intracellular components and impairment of quorum sensing mechanisms (Bakkali et al., 2008). Polyphenolic compounds such as quercetin and gallic acid, on the other hand, primarily function as antioxidants, modulating reactive oxygen species (ROS) levels during seed imbibition and early germination stages. By scavenging excess ROS and stabilising cellular membranes, these compounds mitigate the oxidative stress associated with rapid seed hydration and metabolic reactivation (Sharma et al., 2012). This dual antimicrobial and antioxidant functionality may contribute to improved seedling establishment, particularly under abiotic stress conditions such as drought or temperature fluctuations.

Natural bioactive compounds constitute an alternative to conventional synthetic fungicides and an integrative component that links plant protection with stress regulation mechanisms, physiological priming and the enhanced efficiency of early developmental stages. Crucially, their compatibility with biological control agents and microbial inoculants enables the development of synergistic formulations that support both pathogen suppression and rhizosphere microbiome stability.

Further research should focus on optimising formulations, using microencapsulation technologies, standardising dosages, and assessing long-term stability. Comprehensive validation under field conditions is essential to confirm efficacy across diverse soil types and climatic environments. These advances could transform seed treatment technologies, making them more selective, biodegradable and sustainable, and consistent with the principles of regenerative and sustainable agriculture.

Hryshko M.

COMPARATIVE REDOX NETWORK SIGNATURES IN *ARABIDOPSIS* STRESS RESPONSE AND MAMMALIAN WOUND REPAIR: AN *IN SILICO* CROSS-KINGDOM ANALYSIS

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Beresteiskyi Avenue, 37, Kyiv, 03056, Ukraine; e-mail: hryshkom80@gmail.com,

Reactive oxygen species (ROS) play a key role in regulating cellular stress responses in both plants and animals. The aim of this study was to conduct a comparative network analysis of redox signaling in *Arabidopsis thaliana* under abiotic stress and in a murine model of wound healing using public transcriptomic data (GEO). For the analysis, scRNA-seq data from *Arabidopsis* leaf cells under drought stress and RNA-seq data from mouse skin wounds (days 0, 3, and 7 post-injury) were used. Differential gene expression analysis, calculation of redox scores based on 32 antioxidant response genes, and functional enrichment (GO, KEGG) were performed.

In plant cells, a 42% increase in the redox score ($p < 0.001$) was observed in the mesophyll during stress, accompanied by increased expression of *RBOH* (log2FC = 1.8), *APX1* (log2FC = 1.5), and *CAT2* (log2FC = 1.3). In the mouse model, on day 3 post-injury, an increase in *Nfe2l2* (NRF2) expression by 1.6 times and *Hmox1* by 2.1 times ($p < 0.01$) was observed, with a maximum redox score during the inflammatory phase (+37% from the basal level). Network analysis revealed the presence of conserved functional modules related to glutathione metabolism, the thioredoxin system, and peroxiredoxins. Node centrality (degree centrality > 0.45) for APX/GPX-like enzymes in plants and PRDX/TXN in mice indicates an evolutionarily conserved architecture of antioxidant regulation (Foyer, 2018).

The developed *in silico* model demonstrates functional similarity of redox networks across different kingdoms and suggests that the core logic of stress adaptation is preserved (Mittler, 2022). These results provide a computational framework for identifying plant-derived redox-active metabolites as prospective modifiers of regenerative processes. Future research stages involve the experimental validation of identified candidate compounds using *in vitro* models and subsequent verification of their regenerative potential in mammalian wound healing models within a vivarium setting.

Comparative redox network signatures in *Arabidopsis* stress response and mammalian wound repair: an *in silico* cross-kingdom analysis. This study provides a comparative network analysis of ROS-signaling in plants and mice using scRNA-seq and RNA-seq data. Significant redox score increases (37–42%) and conserved modules in glutathione and thioredoxin systems were identified across kingdoms. The findings suggest that plant-derived redox metabolites can potentially modulate mammalian regeneration.

Kolomyichuk S.

COMPREHENSIVE RESISTANCE OF NILS FOR PPD GENES OF WINTER WHEAT LINES TO ABIOTIC FACTORS

V. N. Karazin Kharkiv National University, Svobody Square, 4, Kharkiv, 61022, Ukraine; e-mail: staskolomichuk@gmail.com

Wheat is one of the most valuable food crops, occupying a leading position in world agriculture and Ukraine's grain balance. The productivity of soft wheat is determined by the realization of genetically determined yield potential, as well as the influence of specific weather and climatic conditions at certain stages of plant ontogenesis. It is known that the duration of ontogenesis and the rate of development of soft wheat are genetically determined traits (Pérez-Gianmarco et al., 2020). Among the genetic systems that control these traits, the *PPD* gene system plays an important role in determining the degree of photoperiod sensitivity in wheat. The genetic effects of this system on a number of agronomically valuable traits – crop structure, productivity, and grain protein content – have been fairly well studied (Alipour & Abdi, 2020). At the same time, there is limited data in the scientific literature on the influence of genes controlling growth rates and photoperiod sensitivity on the adaptive potential of *Triticum aestivum* L. In the context of modern climate change, accompanied by unstable temperature regimes during the growing season (Mao et al., 2023), it is particularly relevant to study the influence of genetic systems controlling plant development rates on their resistance to abiotic stress factors.

The aim of this study was to conduct a comprehensive study of drought, heat, and cold tolerance in seedlings of nearly isogenic lines of winter soft wheat variety Mercia in terms of photoperiod sensitivity genes. The objects of the study were nearly isogenic lines (NILs) of Mercia soft wheat for the photoperiod sensitivity genes *PPD* (photoperiod): *Ppd-A1a, Ppd-B1a,* and *Ppd-D1a.* The Mercia variety, on the basis of which the isogenic lines were created, is a British breeding variety characterized by short stem length, resistance to major diseases, and high productivity. The level of resistance of soft wheat to drought and extreme temperatures was determined using a set of methods by creating artificial stress conditions, in particular: express analysis of seed germination, assessment of biomass accumulation inhibition, growth inhibition, and determination of the protein coagulation temperature threshold (PCT).

The results of the studies showed that all the isolines studied were more resistant to high temperatures than to drought stress. When analyzing the effect of artificial drought on seed germination, it was found that among the isolines according to the *PPD* gene system, the *Ppd-D1a* isoline was the most drought-resistant. At the same time, when studying the effect of drought on growth processes, it was found that in the *Ppd-A1a* isoline, the reaction of the above-ground and underground parts to stress was less pronounced compared to other isolines.

Growth retardation is an integral indicator of stress reactions in plants, which is confirmed by the results of experiments on the effects of hypothermia. It was found that the effect of low positive temperatures is sublethal for the studied isolines, since the intensity of growth processes decreased by 90–95% compared to the control. The root system proved to be more adapted to cold stress, since the degree of inhibition of its growth was significantly less than that of the above-ground part of the seedlings in all genotypes studied. Differences in the nature of growth responses were found between the isolines, which are probably indirectly determined by the genetic determination of *PPD* genes. The lowest level of growth inhibition under stress factors was observed in the *Ppd-A1a* isoline compared to other isolines and the initial variety, which may indicate a reduced sensitivity of this genotype to the effects of abiotic stressors.

Thus, wheat isolines characterized by rapid growth rates and weak photoperiod sensitivity (photoperiod neutrality) exhibit higher levels of drought, heat, and cold tolerance. The results obtained indicate that the genetic system controlling photoperiod sensitivity in soft wheat – the PPD gene system – may indirectly influence the manifestation of quantitative traits of resistance to abiotic stresses in Mercia NILs seedlings.

Macegoniuk K., Piekutowska M., Firlong-Lauda O.

MICROBIAL BIOSTIMULANTS AS A STRATEGY FOR ENHANCING SOIL HEALTH AND CROP RESILIENCE IN ORGANIC AGRICULTURE

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewskiego St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; e-mail: katarzyna.macegoniuk@upsl.edu.pl

Organic agriculture is becoming increasingly important in sustainable food production systems, especially given the growing pressures of climate change, biodiversity loss and progressive soil degradation. Rising temperatures, unpredictable rainfall and declining soil organic matter are threatening the stability and productivity of agroecosystems worldwide. A major challenge in organic farming is to maintain satisfactory crop yields while preserving soil fertility and ecological balance, without using synthetic fertilisers and chemical pesticides. In this context, microbial biostimulants have emerged as an innovative, environmentally friendly way of supporting soil health, plant growth and resilience to stress (Pandey and Saharan, 2025).

Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and other beneficial microorganisms can enhance plant performance through a variety of direct and indirect mechanisms. These include biological nitrogen fixation, phosphorus and potassium solubilisation, siderophore-mediated iron chelation, the production of phytohormones (e.g. auxins, cytokinins and gibberellins) and the induction of systemic resistance. Consequently, microbial inoculants stimulate root system architecture, enhance nutrient uptake efficiency, and improve plant tolerance to abiotic stresses such as drought, salinity, and temperature extremes (Wahab et al., 2025; Giri and Virk, 2025). Furthermore, certain strains contribute to biocontrol activity by suppressing soil-borne pathogens through competitive exclusion, antibiotic production and modulation of the rhizosphere microbiome.

In addition to their effects at the level of individual plants, microbial biostimulants significantly influence the physicochemical and biological properties of soil. They promote the formation of stable soil aggregates, boost enzymatic activity, accelerate the mineralisation of organic matter, and increase microbial diversity and functional redundancy. These processes are essential for ensuring the long-term multifunctionality of soil, the efficiency of nutrient cycling, and the sequestration of carbon in organic farming systems. Improved soil structure also enhances water retention capacity, which is particularly important in conditions prone to drought associated with climate change.

Recent research suggests that applying microbial consortia and next-generation bioinoculants, which are designed based on microbiome engineering principles, may reduce the yield gap between organic and conventional agriculture while strengthening ecosystem resilience (Ansabayeva et al., 2025). Multi-strain formulations often demonstrate greater stability and functional complementarity than single-strain inoculants. However, the effectiveness of microbial biostimulants depends heavily on soil type, native microbial communities, climatic conditions, crop species and management practices. This variability highlights the need for site-specific microbiome management strategies and the use of molecular tools to monitor microbial establishment and activity in the field.

Microbial biostimulants, therefore, offer a promising approach to sustainable intensification in organic agriculture. Integrating agroecological practices, such as crop rotation, cover cropping, reduced tillage and organic amendments, with advanced microbiological solutions could enhance crop productivity, improve soil quality, reduce environmental impact and increase agroecosystem stability. This presentation provides a thorough overview of the latest research on the mechanisms, advantages and disadvantages of using microbial biostimulants in organic farming systems, and suggests potential areas for future research and practical implementation.

Piekutowska M., Macegoniuk K., Firlong-Lauda O.

POTATO TUBER QUALITY PARAMETERS AND THE PRODUCTION OF FROZEN POTATO PRODUCTS

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Arciszewskiego St., 22 B, Słupsk, 76-200, Poland; e-mail: magdalena.piekutowska@upsl.edu.pl

The quality of potato tubers has a significant impact on the suitability of the raw material for processing and the quality of the final frozen potato product. Key quality attributes include external tuber characteristics, dry matter content, starch concentration, reducing sugars, nitrate levels and the presence of internal or external defects (Saini et al., 2023). These parameters collectively determine processing efficiency, product yield, texture, flavour, colour and overall consumer acceptability.

Dry matter content is one of the most critical indicators affecting texture and sensory properties after thermal processing. Tubers with higher dry matter levels, typically ranging from 20% to 25%, are favoured for producing French fries, crisps, and other frozen potato products as they deliver a firmer texture, reduced oil absorption, and enhanced crispiness. Conversely, potatoes with low dry matter content absorb more fat during frying, resulting in a greasy texture and poorer processing performance. Starch content is closely related to dry matter and significantly influences water-binding capacity, structural integrity, and behaviour during blanching, freezing, and frying. High-quality starch contributes to optimal gelatinisation and the development of the desired internal structure of processed products (Bandana et al., 2016).

Reducing sugars, particularly glucose and fructose, play a crucial technological role as they directly affect the colour of products during frying. During heat treatment, they react with amino acids in the Maillard reaction, leading to browning and the formation of colour compounds. However, excessive concentrations of reducing sugars can cause an undesirable darkening of chips, fries or potato pancakes, which negatively impacts their visual quality and how consumers perceive them (El Hosry et al., 2025). Furthermore, intensified Maillard reactions may contribute to the formation of potentially harmful compounds such as acrylamide. Therefore, it is essential to strictly control reducing sugar levels in raw tubers to ensure the consistent colour, sensory quality and food safety of frozen products. From a food safety perspective, nitrate accumulation in potato tubers is another important parameter. Excessive nitrate levels may pose health risks to consumers due to their potential conversion into nitrites and N-nitroso compounds (Wszelaczyńska et al., 2022). Consequently, monitoring nitrate content is necessary to comply with safety standards and regulatory requirements.

In addition to chemical composition, both external and internal tuber defects significantly influence processing suitability. Undesirable features include greening (associated with solanine accumulation), mechanical damage, black or dark spots, rustiness, a hollow heart, cracks and other physiological disorders (Grupa-Urbańska et al., 2025). While some superficial defects can be removed during mechanical peeling, deep-seated dark spots and internal disorders are more challenging to eliminate, potentially leading to increased raw material losses and reduced production efficiency. Proper sorting and grading are therefore critical stages in preparing the raw material. The optimisation of technological processes, particularly blanching prior to freezing, is fundamental to maintaining high product quality. Blanching helps to inactivate the enzymes responsible for discolouration, stabilise colour, reduce the microbial load and partially remove reducing sugars. This improves frying performance and the appearance of the final product. Precise control of temperature and processing time is essential to preserve texture and nutritional value.

To ensure consistently high-quality raw materials for frozen potato production, close cooperation is required between potato growers and processing plants. This involves selecting appropriate cultivars, optimising agronomic practices, ensuring proper storage conditions and aligning quality standards between producers and processors. This collaboration enables the supply of tubers with optimal technological parameters, minimises post-harvest losses and ensures the consistent high quality of frozen potato products.

Tymchyshyn I., Patsula O.

INFLUENCE OF SURFACTANTS ON THE EFFICIENCY OF HERBICIDES APPLICATION

Ivan Franko National University of Lviv, Hrushevskoho St., 4, Lviv, 79005, Ukraine;
e-mail: ivanna.tymchyshyn@lnu.edu.ua

Herbicides are widely used in modern agriculture as an effective means of weed control; however, their application is often associated with the risk of inducing oxidative stress in cultivated plants. Oxidative stress occurs due to excessive formation of reactive oxygen species (ROS), which damage proteins, lipids, and nucleic acids, thereby disrupting cellular metabolism. The main sources of ROS in plant cells are mitochondria, chloroplasts, and peroxisomes, where stress factors disturb electron transport processes.

The antioxidant system of plants consists of enzymatic and non-enzymatic components that neutralize ROS and maintain cellular homeostasis. Enzymatic antioxidants include superoxide dismutase, catalase, and ascorbate peroxidase, while non-enzymatic protection is provided by ascorbic acid, tocopherols, carotenoids, and flavonoids.

Experimental results demonstrated that herbicides combined with surfactants (SAs) significantly affect the morphometric parameters of barley and radish seedlings. In control groups, barley showed an average mass of 0.283 g and length of 20.53 cm, while radish had 0.388 g and 17.66 cm. Herbicide treatment reduced these values, especially in radish, indicating higher sensitivity compared to barley.

The combination of herbicide with SA produced mixed effects: in barley, biomass increased slightly but length decreased, whereas in radish both mass and length improved, with biomass exceeding control values. At the same time, the content of photosynthetic pigments decreased under combined herbicide and SA treatment, indicating suppression of photosynthetic activity.

Thus, herbicides influence a wide range of physiological processes in plants, and their effects are often accompanied by oxidative stress. Understanding antioxidant defense mechanisms is crucial for developing strategies to enhance plant resistance to herbicide stress and ensure environmentally safe use of agrochemicals.

АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК
INDEX OF AUTHORS

Aliyeva N. 220
Andriychuk O 202
Babich T. 204
Bahriichuk K. 125
Bakhmat V. 115
Baszyński J. 238
Batuieva E. 216
Batuieva Y. 287
Bayliak M. 242, 245, 249
Bayramova J. 119
Bedernichek T. 156
Berest A. 201
Berezovskyi V. 240, 246
Bilous M. 202
Boiko T. 179
Brodyak I. 55, 64
Brodzka S. 238
Bronnikova L. 116
Bulyhina T. 204
Buyun L. 209, 252
Chupashko O. 250
Chyr V. 241
Danylenko S. 118
Demkiv O. 124
Deneka M. 117, 120, 127
Derkachov V. 242, 245, 249
Diakiv S. 203
Dmytriv A. 118
Dovhyi R. 204, 212
Dzyadevych S. 115
Eshnazarova F. 243
Faggio C. 56
Fedorenko V. 123
Fesenko M. 287
Firlong-Lauda O. 288, 291, 292
Fomina M. 205
Garmasheva I. 205
Goltvjansky A. 224
Gonchar M. 124
Gospodaryov D. 245
Gradziuk M. 244
Grochowalska R. 238
Grudniewska J. 251
Gulkowskyi R. 221
Gylytė B. 49
Gyrenko O. 252
Harmasheva S. 205
Hasanzada A. 119
Havryliuk I. 120
Hetmański T. 51
Hlushach D. 216
Hnatush S. 207, 208, 213, 214
Holovan V. 202
Honcharenko V. 209
Hryshko M. 121, 289
Hubaryk V. 213
Hurza V. 241
Huseynova A. 122
Ibrahimli S. 220
Ilkevych A. 203
Impellitteri F. 56
Ivanochko M. 241, 245
Jafarova S. 220
Kalman S. 221
Kamiński P. 51, 238
Kaplun A. 206
Karas T. 242, 249
Karitonas R. 49
Karpenko K. 155
Kashuba E. 221
Kharchuk A. 212
Khoma V. 49, 56
Kolomyichuk S. 290
Komarovska-Porokhniavets O. 118
Komovych L. 203
Komplikevych S. 207, 208, 211, 213, 214
Kovalevska L. 221, 223
Kovalova M. 224
Krasnienkov D. 50
Kravets A. 207
Kropyva V. 50
Kryachok I. 223
Kucharska A. 55
Kudina I. 250
Kurhaluk N. 51, 53, 60, 62, 209, 238, 244, 247, 248, 251, 252
Kurylenko O. 126
Kutsevol N. 38
Kuzmishyna I. 203
Kybenko D. 50
Lahoiko A. 156
Lomov A. 222
Lukash O. 62, 252
Lushchak V. 245
Lushchak O. 240, 246
Lytvyn S. 223

Macegoniuk K. 288, 291, 292
Makoida Y. 246
Malaniy V. 180
Malec J. 157
Malysheva O. 221
Malysheva T. 221
Mammedova N. 119
Manusadžianas L. 49
Markiv O. 213
Martyniuk V. 49
Maryniuk M. 252
Maslovska O. 207, 208, 213, 214
Matłok N. 157
Mazur Z. 247, 248
Melnyk M. 208
Midlovets K. 50
Mischenko A. 155
Moroz A. 55
Morozova N. 222
Motovylo A. 208
Mroczkowski S. 238
Mudra A. 49
Multisanti C. 56
Nagalievska M. 58
Nemerko M. 49, 57
Nesterenko K. 158
Nohach Y. 123
Olishkevych V. 125
Opryshko M. 252
Osadowski Z. 86
Osmólska U. 62
Ostash B. 117, 124, 125
Partem O. 37
Paryzhak S. 254
Patsula O. 293
Pękala-Safińska A. 209
Pelekh A. 124
Peretyatko T. 201, 214
Petryn T. 58
Piekutowska M. 288, 291, 292
Plotytsia S. 64
Prejsnar S. 157
Prokopiv A. 209
Pukas V. 211
Purska M. 211
Pyeshkova V. 115
Raievska I. 206
Rebets Y. 117, 123, 126
Romanov S. 215
Rudenko V. 125
Rydchuk M. 64
Savchuk O. 59
Schogolev A. 206
Semenyshyn O. 37
Serbo S. 158
Serebrovska Z. 50
Shabanov V. 181
Shchypanskyi S. 59
Shparyk V. 179
Shtabska J. 126
Skovorodnikova M. 212
Skrypkina 222
Smirnova Y. 127
Smokal V. 38
Sobisz Z. 86
Sokolovska Y. 242, 249
Soldatkin O. 115
Stanek E. 238
Stetsyk R. 125
Stoliar O. 49, 56, 57
Stuczyński T. 238
Sulyma V. 250
Sulzhych I. 213
Sushnova A. 221
Sviderska K. 49
Sybirna N. 55, 58
Symchak R. 49
Szymański M. 238
Tarnovska A. 37
Tiupova T. 62
Tkaczenko H. 51, 53, 60, 62, 209, 238, 244, 247, 248, 251, 252
Tolstun D. 50
Tomin V. 51
Trach Y. 64
Trofimova O. 254
Truchan M. 86
Tymchyshyn I. 293
Tytorenko I. 223
Udzhmadzhuridze V. 88
Uliganets L. 214
Utegenova J. 255
Vatashchuk M. 241
Virych P. 38
Vitsiuk A. 27
Volkova D. 215
Voloshyna O. 216
Volyanska O. 250
Wasilow K. 238
Włodarkiewicz A. 51
Woźniak A. 238
Yakovenko O. 252
Yalanska S. 242, 249
Yanovych D. 64

Yarovoi D. 224
Yavorska H. 215
Yeshchenko M. 38
Yunko K. 49, 56, 57
Yushchuk O. 120, 127
Zaimenko N. 156
Zaitseva I. 116
Zamoroka A. 180
Zasadna Z. 64
Zelenchuk M. 201
Абрамович А. 225
Абрамчук М. 128
Агафонов Д. 65
Альфавіцький О. 66
Андрущик В. 159
Анопрієнко О. 219
Антонюк М. 108
Антошко М. 39
Арешков П. 219
Архипова В. 98
Архипчук А. 182
Аторвін О. 152
Бабський А. 32
Бакушина М. 184
Балда С. 89
Банах Х. 90
Бархатова А. 110
Бачинська Б. 105
Бачинська Л. 256
Баюрко Н. 19
Бежнар В. 16
Беркета К. 92
Беркій М.-М. 91
Бичкова С. 237
Білик Ж. 134, 135, 188, 196
Білокур М. 137
Білоусов В. 185
Білько Н. 218
Більченко К. 96
Бобошко О. 34
Бобрик Н. 226
Богославець А. 129
Боднарчук Н. 29
Божков А. 109
Бозова А. 40
Бойко Р. 70
Бокотей А. 168
Бригілевич О. 26
Бриндзя І. 136
Будевич А. 28
Будняк О. 41
Бужак А. 92
Булій О. 264
Бура М. 34, 36
Бухтіярова М. 67
Бушко К. 226
Ваків Ю. 274
Вань С. 217
Василенко Х. 130
Василишин Р. 40
Васильченко Л. 93
Ваховський Є. 94
Ведибіда О. 95, 106
Веклич З. 227
Векліч Т. 46
Величко В. 188
Венґжин Е. 141
Венчак Б. 160
Вергун М. 68
Вилюс В. 186, 198
Виноградський Б. 34
Віліжінська В. 257
Войтешенко І. 30
Войцехівська О. 67
Волошанська С. 16, 24
Воробець Н. 186, 198
Вороніна О. 104
Воронкова О. 184
Воронкова Ю. 166
Ворощук З. 34
Гаврилюк В. 258
Ганін В. 100
Гапоненко А. 69
Гарасим Н. 29
Гафич Т. 259
Гачкова Г. 43, 47, 48
Генега А. 28
Герасим Я. 21
Герц Н. 74
Глуховська О. 161
Гнатуш С. 191, 193, 194, 197
Говорова К. 93
Головіна Н. 260
Головка В. 261
Головко Є. 70
Голуб Н. 89, 101
Гончаренко В. 22
Горбулінська С. 101
Гордійчук Л. 131
Горобчишин В. 149
Готра Є. 162
Грень Н. 29
Гринчишин Н. 200
Грицак Л. 269

Грідіна І. 41
Громико О. 99, 102, 111
Гувакова Л. 188
Гуменюк Д. 187
Гусак В. 264, 274
Гусєва М. 71
Гучканюк І. 42
Даниленко Є. 135
Данко Ю. 262
Дахновська М. 263
Деблюк І. 72
Демчик В. 26
Демянчук Н. 228
Денека М. 91, 106
Джура Н. 128, 150
Дзядевич Е. 30
Дзядевич С. 92, 94, 98
Дикий І. 161, 176, 178
Дмитренко Т. 228
Дмитренко Я. 132
Додевич Ю. 43, 47
Додурич М. 163
Долинич М. 164
Донец А. 18, 73
Драч Ю. 151
Дробик Н. 147
Дуберчак Д. 74
Дубина С. 229
Дубровіна С. 219
Душна І. 105
Железняк О. 186
Жиколяк А. 165
Жучковський С. 257
Заблоцький А. 75
Заводовський Д. 233
Задарко В. 264
Задачіна І. 265
Зазуляк А. 266
Заіченко О. 32, 36
Зайцева І. 76
Заморока А. 167, 170, 173, 174
Занько І. 267
Заплюсвічка А. 76
Зарва Е. 96
Звір Г. 187, 200
Згонник М. 75, 77
Іванова І. 230
Іваночко М.-А. 133
Іващенко М. 189
Іжовська І. 193, 200
Ісаченко О. 70
Іскра Р. 231
Казіяну А. 189
Калашніков Є. 134
Каленич К. 166
Калмикова О. 232
Канюка О. 40, 45
Капець Н. 18, 73, 79, 83
Капрусь І. 132, 145, 146, 152, 154
Касіцкі Я.-Ю. 167
Качан Д. 78
Квасниця А. 97
Кийко А. 178
Кич О. 198
Кільчицька У. 274
Кістриця Ю. 31
Клепач Г. 23, 112, 276
Книр І. 98
Коберенко В. 32
Кобилецька М. .. 259, 260, 262, 263, 284
Коваль Н. 161
Ковальська М. 231
Козак В. 268
Козачук С. 134
Колтун І. 163
Компанієць К. 99
Комплікевич С. 193, 197
Кондратюк Д. 135
Кордупель Н. 190
Коробко М. 98
Корчева В. 114
Космірак В. 18, 79
Коссак Г. 25
Косяченко К. 100
Кот К. 114
Котенко Є. 191, 194
Котовський В. 193
Коцій Д. 168
Кравець М. 269
Краснєнков Д. 114
Кривцова М. 226
Кузик Я. 44
Кузьменко І. 192
Кузьмішина І. 72
Кунець В. 131
Куриленко О. 90
Кучменко М. 232
Лахно О. 114
Лебідь-Білецька К. 109
Легедза О. 233
Леньовскі К. 141
Лесик Р. 42
Лисковець А. 80
Литвинко І. 112

Лопатка О. 45
Лось В. 101
Лужецький А. 107
Луніна К. 218
Луняк М. 191, 194
Луцан Д. 270
Лучицький В. 228, 232
Лях С. 136
Мазур Г. 225
Мазуркевич А. 271
Макар О. 256, 261, 277
Максимич О. 137
Макух Г. 110
Малюк О. 46
Мамчур З. 130, 139, 143, 151
Мамчур О. 258, 267, 273, 279
Манько Б. 237
Манько В. 225
Маркевич С. 102
Маркович А. 272
Мартинюк А. 169
Марусик А. 138
Марусяк Т. 26
Марців М. 176
Марченко Г. 139
Марчук О. 18
Масло М. 140
Масловська О. 193, 197
Матвієнко А. 195
Матійців Н. 105, 110
Мацяк Я. 81
Машталер О. 144
Мегалінська Г. 134, 135, 188, 196
Мельник С. 170
Мєдвєдєва І. 141
Мироновський М. 107
Михайленко О. 233
Михайльо Л 19
Михайлюк С. 142
Мікуліч Л. 265
Мітіна Н. 32, 36
Монастирська С. 272
Мороз М. 20
Мороз О. 191, 194
Морозова Н. 93
Мруга Д. 94
Нагалєвська М. 40, 44
Нагорняк М. 103
Налапша Ю. 273
Насадюк П. 143
Начичко В. 81
Небежщук О. 190
Нестеренко Д. 104
Николишин В. 264, 274
Новікова А. 275
Новіцька Ю. 19
Одінцова А. 26
Ольшанецька Х. 237
Осташ Б. 113
Островська Ю. 105
Островський Р. 22
Осьмачко О. 171
Осьміловська О. 106
Павленко Д. 196
Павлишак Я. 68
Павлюк М. 187
Пазюк Л. 227, 229
Паляниця Л. 182
Панас Н. 137
Паращак І. 276
Пасічник В. 144
Пахаренко М. 218
Пацула О. 256, 266
Пашкевич Н. 149
Переведенчук П. 148
Переверзєв М. 172
Перетятко Т. 193, 197
Пермяков В. 43, 47
Петрин Т. 44
Пехів Б. 234
Пида С. 268
Пилипів П. 276
Письменна Ю. 192
Піддубний О. 173
Пінчак Ю.-Р. 33
Пінчук С. 107
Пісоцька Л. 286
Плигун В. 108
Позняк О. 174
Положенцева М. 35, 236
Полянська Х. 21
Правда Ю. 277
Прилуцький Ю. 93
Прокопів А. 80
Прокопчук А. 141
Проценко О. 93
Проценко Ю. 149
Прущак Т. 19
Птуха А. 82
Пудилик М. 197
Пурель В. 145
Пурська М. 187
Рагуліна М. 140, 151
Радіонов М. 235

Решетило О. 169, 177
Риженко О. 275
Рогожук М. 283
Роман І. 99, 111
Романченко О. 85
Романюк Н. 270, 278, 280, 285
Руденко Д. 257
Руденко М. 109
Рудик В. 198
Рудік В. 175
Руй А. 25
Русакова М. 97, 185
Сабадашка М. 39
Савчук Ю. 274
Савчук Я. 195
Саламаха І. 131
Свищ М. 34
Севериновська О. 235
Семак У. 133, 165
Семенюк Н. 233
Семків Н. 236
Сибіль М. 34
Сибірна Н. 39, 40, 43, 44, 45, 47, 48
Сирчін С. 195
Сідак С. 146
Сідашенко О. 199
Сідоровський С. 172
Скороход І. 196
Скрипкіна І. 219
Скрипник С. 217
Смик О. 225, 237
Смолій Н. 200
Соболева О. 148
Сова Н. 22
Солдаткін О. 92, 94, 98
Соломяна К. 219
Сопушинська Т. 278
Сорока О. 147
Сорокін А. 41
Сотникова К. 100
Ставський І. 149
Стефанів М. 279
Стець Б. 110
Стойка Р. 42
Струк О. 111
Струс В. 176
Струс Ю. 176
Сулімко Н. 280
Тарасова А. 176
Тарновська А. 31, 33
Терлецький І. 83
Терновська Т. 108
Тис К. 23, 112
Тістечок С. 90, 102, 107
Трайтак М. 150
Трач М. 113
Трофімчук Д. 151
Труш Є. 48
Тхорик В. 24, 25
Федонюк В. 148
Федоренко В. 102
Федун О. 171
Фінюк Н. 42
Фурсова К. 84
Хамар І. 160, 162, 163
Химин А. 152
Худецький Б. 153
Хуторнюк М. 275
Цап А. 177
Цвілинюк О. 129, 142
Цедуляк В.-М. 113
Цимбалюк О. 46
Чабан С. 178
Чеботар С. 175
Чернадчук С. 41
Чернікова Н. 281, 282
Чишко М. 85
Шалай Я. 32
Шарапова О. 230
Швадчак В. 35, 236
Швець Д. 283
Шеверя В. 161
Шевченко Д. 96
Шевчук О. 114
Шепарович Н. 284
Шиманська І. 110
Шкоропад О. 285
Шпаківська І. 138
Шпаченко М. 154
Шпильчин В. 108
Штурмак А. 35, 236
Шуба С. 199, 286
Ющук О. 91, 95, 106
Яворська Г. 186, 198
Яворська О. 144
Яворський В. 200
Якименко О. 235
Яльч Н. 226
Яцик О. 26
Яцюк Д. 36

Наукове видання | *Scientific publication*

МОЛОДЬ І ПОСТУП БІОЛОГІЇ

YOUTH AND PROGRESS OF BIOLOGY

Тези доповідей XXII Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів 15–17 квітня 2026 р., м. Львів, Україна

Abstracts of XXII International Scientific Conference for Students and PhD Students April 15–17, 2026, Lviv, Ukraine

Відповідальна за випуск – *С. Комплікевич*

Комп'ютерна верстка – *С. Костенко*

Коректура – *А. Дідух*

Responsible for the publication – *S. Komplikevych*

Page proof – *S. Kostenko*

Proofreader – *A. Didukh*

Підписано до друку 02.04.2026.
Формат 70×100/16. Умовн. друк. арк. 24,2.
Тираж 100 прим.

Видавництво ТзОВ «Видавництво «ПАІС»
Реєстраційне свідоцтво ДК № 3173 від 23 квітня 2008 року
вул. Гребінки, 5, оф. 1, м. Львів, 79007
тел.: (032) 255-49-00; e-mail: pais.druk@gmail.com
www.pais.com.ua