

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА  
МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ВИЩОЇ ОСВІТИ ПОЛЬЩІ  
ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ ТА НАУК ПРО ЗЕМЛЮ  
ПОМОРСЬКОЇ АКАДЕМІЇ В СЛУПІСЬКУ

# МОЛОДЬ І ПОСТУП БІОЛОГІЇ

XVII МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ  
СТУДЕНТІВ І АСПІРАНТІВ  
(ЛЬВІВ, 19–21 КВІТНЯ 2021)

ЗБІРНИК ТЕЗ



Львівський національний університет  
імені Івана Франка



Поморська Академія в Слупську  
(Польща)

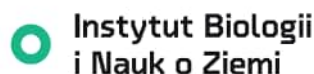
Українське товариство фізіологів рослин



Львівська  
міська  
рада



Біологічний факультет  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка



Інститут біології та наук про Землю



ЛЬВІВ – 2021

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
IVAN FRANKO NATIONAL UNIVERSITY OF LVIV  
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF REPUBLIC OF POLAND  
INSTITUTE OF BIOLOGY AND EARTH SCIENCES  
POMERANIAN UNIVERSITY IN SLUPSK

# YOUTH AND PROGRESS OF BIOLOGY

XVII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE  
FOR STUDENTS AND PHD STUDENTS  
(LVIV, APRIL 19–21, 2021)

## ABSTRACTS



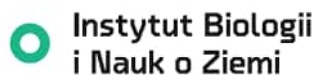
Ivan Franko National University of Lviv



Faculty of Biology  
of Ivan Franko National University of Lviv



Pomeranian University in Słupsk



Institute of Biology and Earth Sciences

Ukrainian Society of Plant Physiology



Львівська  
міська  
рада



LVIV – 2021

УДК 57(043.2)  
М75

**Молодь і поступ біології:** збірник тез доповідей XVII Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів (м. Львів, 19–21 квітня 2021 р.). – Львів : ТОВ «Ромус-поліграф», 2021. – 226 с .

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

Для наукових працівників, аспірантів, студентів, що працюють у галузі біології, екології, біотехнології та біомедицини.

*Організатори конференції висловлюють подяку за підтримку таким організаціям: ЛКП «Львівське конференц-бюро», Українсько-американський добродійний фонд «Сейбр-Світло» та ТЗОВ «Експлоджен».*

**Редакційна колегія:** Пацула О., Кавулич Я., Гончаренко В., Хамар І., Демчук В., Ткаченко Г., Жукровська К.-О., Кармаш О., Попович М., Андрійчук Р., Марців М., Притула С., Комплікевич С., Федас І.

**Науковий комітет:** проф. Бабський А., проф. Гнатуш С., доц. Гончаренко В., доц. Мамчур З., проф. Манько В., проф. Сибірна Н., проф. Терек О., проф. Федоренко В., проф. Царик Й., проф. Осадовський З., акад. Моргун В.

**Youth and Progress of Biology:** Abstracts of XVII International Scientific Conference for Students and PhD Students (Lviv, April 19–21, 2021). – Lviv: LLC Romus-Poligraf, 2021. – 226 p.

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 trustworthiness of scientific results.

For scientists, PhD students and students, which work in the field of biology, biotechnology and biomedicine.

*The Organizers of the Conference are grateful for the support to program: «Lviv Convention Bureau», Ukrainian-American beneficial foundation «Seibr-Svitlo» and LLC “Explogen».*

**Editorial board:** Patsula O., Kavulytch Y., Honcharenko V., Khamar I., Demchuk V., Tkachenko H., Zhukrovska K.-O., Karmash O., Popovych M., Andreychuk R., Martsiv M., Prytula S., Komplikevych S., Fedas I.

**Scientific committee:** prof. Babsky A., prof. Hnatush S., assoc. prof. Honcharenko V., assoc. prof. Mamchur Z., prof. Manko V., prof. Sybirna N., prof. Terek O., prof. Fedorenko V., prof. Tsaryk Y., prof. Osadowski Z., acad. Morhun V.

© Львівський національний університет імені Івана Франка, 2021  
© Інститут біології та наук про Землю Поморської Академії в Слупську, 2021

© Ivan Franko National University of Lviv, 2021  
© Institute of Biology and Earth Sciences Pomeranian University in Slupsk, 2021

ISBN 978-617-7809-39-4

### **Голова оргкомітету конференції**

Гладишевський Р. член-кор. НАН України, професор, проректор з наукової роботи  
Львівського національного університету імені Івана Франка

### **Співголова оргкомітету конференції**

Осадовський З. професор, доктор, ректор Поморської академії в Слупську

### **Оргкомітет**

Хамар І. заступник голови оргкомітету, доцент, декан біологічного факультету  
Львівського національного університету імені Івана Франка

Яросевич А. професор, доктор, директор Інституту біології і наук про Землю  
Поморської Академії в Слупську

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

Мерлавський В. доцент кафедри фізіології людини і тварин, заступник декана  
біологічного факультету Львівського національного університету  
імені Івана Франка з наукової роботи

Тарновська А. доцент, доцент кафедри біофізики та біоінформатики, заступник  
декана біологічного факультету Львівського національного  
університету імені Івана Франка з виховної роботи

Пацула О. доцент, доцент кафедри фізіології та екології рослин Львівського  
національного університету імені Івана Франка

### **Науковий комітет**

Бабський А. професор, доктор біологічних наук, завідувач кафедри біофізики та  
біоінформатики Львівського національного університету імені Івана  
Франка

Гнатуш С. професор, завідувач кафедри мікробіології Львівського національного  
університету імені Івана Франка

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

Мамчур З. доцент, завідувач кафедри екології Львівського національного  
університету імені Івана Франка

Манько В. професор, доктор біологічних наук, завідувач кафедри фізіології  
людини і тварин Львівського національного університету імені Івана  
Франка

Моргун В. професор, доктор біологічних наук, академік НАН України, директор  
Інституту фізіології рослин і генетики НАН України

Сибірна Н. професор, доктор біологічних наук, завідувач кафедри біохімії  
Львівського національного університету імені Івана Франка

Терек О. професор, доктор біологічних наук, професор кафедри фізіології та  
екології рослин Львівського національного університету імені Івана  
Франка

Ткаченко Г. професор, доктор, завідувач кафедри біології, заступник директора  
Інституту біології і наук про Землю Поморської Академії в Слупську

Федоренко В. професор, доктор біологічних наук, завідувач кафедри генетики та  
біотехнології Львівського національного університету імені Івана  
Франка

Царик Й. професор, доктор біологічних наук, завідувач кафедри зоології  
Львівського національного університету імені Івана Франка

## **Секретаріат**

Пацула О.	голова секретаріату, доцент, доцент кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка
Кавулич Я.	к.б.н., інженер кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка
Попович М.	аспірант кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка
Комплікевич С.	аспірант кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка
Притула С.	аспірант кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка
Федас І.	старший лаборант кафедри фізіології людини і тварин Львівського національного університету імені Івана Франка
Кармаш О.	аспірант кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка
Андрійчук Р.	аспірант кафедри ботаніки Львівського національного університету імені Івана Франка
Жукровська К.-О.	аспірант кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка
Марців М.	аспірант кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка
Демчук В.	інженер міжкафедральної навчальної лабораторії математичних методів у біології Львівського національного університету імені Івана Франка

## **Рецензенти**

Антоняк Г.	д.б.н., професор кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка
Бродяк І.	к.б.н., доцент кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка
Бура М.	к.б.н., доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка
Величко О.	к.б.н., доцент кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка
Галан М.	к.б.н., доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка
Галушка А.	к.б.н., доцент кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка
Гарасим Н.	к.б.н., доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка
Гачкова Г.	к.б.н., доцент кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка
Гнатина О.	к.б.н., доцент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка
Гнатуш С.	к.б.н., професор, завідувач кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка
Гончаренко В.	к.б.н., завідувач кафедри ботаніки Львівського національного університету імені Івана Франка
Джура Н.	к.б.н., доцент кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка

---

Дика М.	к.б.н., доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка
Дикий І.	к.б.н., доцент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка
Думич О.	к.б.н., доцент кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка
Жукровська К.-О.	аспірант кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка
Капрусь І.	д.б.н., професор кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка
Кияк В.	д.б.н., професор кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка
Кобилецька М.	к.б.н., доцент, в.о. завідувача кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка
Колтун І.	асистент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка
Леснік В.	асистент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка
Люта М.	к.б.н., доцент кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка
Мамчур З.	к.б.н., завідувач кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка
Манько В.	д.б.н., професор, завідувач кафедри фізіології людини і тварин Львівського національного університету імені Івана Франка
Нагалевська М.	к.б.н., доцент кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка
Назарук К.	к.б.н., доцент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка
Отчич В.	к.б.н., доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка
Перетятко Т.	к.б.н., доцент кафедри мікробіології Львівського національного університету імені Івана Франка
Решетило О.	к.б.н., доцент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка
Романюк Н.	к.б.н., доцент кафедри фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка
Сабадашка М.	к.б.н., доцент кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка
Скирпан І.	асистент кафедри зоології Львівського національного університету імені Івана Франка
Стасик О.	к.б.н., доцент кафедри біохімії Львівського національного університету імені Івана Франка
Тарновська А.	к.б.н., доцент кафедри біофізики та біоінформатики Львівського національного університету імені Івана Франка
Федоренко В.	д.б.н., професор, завідувач кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка
Цвілинюк О.	к.б.н., доцент кафедри екології Львівського національного університету імені Івана Франка

---

### **Head of the Organizing Committee**

Gladyshevskii R. corresponding member of NAS of Ukraine, professor, vice-rector in the scientific work of Ivan Franko National University of Lviv

### **Co-head of the Organizing Committee**

Osadowski Z. professor, dr hab., rector of Pomeranian University in Slupsk

### **Organizing Committee**

Khamar I. vice-head of the Organizing Committee, associate professor, dean of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv

Jaroszewicz A. professor, dr hab., director of the Institute of Biology and Environmental Protection of Pomeranian University in Slupsk

Honcharenko V. associate professor, head of the Department of Botany, vice-dean of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv in educational and methodical work

Merlavsky V. associate professor at the Department of Human and Animal Physiology of Ivan Franko National University of Lviv, vice-dean of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv in scientific work

Tarnovska A. associate professor, associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatics, vice-dean of the Faculty of Biology of Ivan Franko in educational work

Patsula O. associate professor, associate professor at the Department of Plants Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv

### **Scientific Committee**

Babsky A. professor, doctor of biological sciences, head of the Department of Biophysics and Bioinformatics of Ivan Franko National University of Lviv

Fedorenko V. professor, doctor of biological sciences, head of the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv

Hnatush S. professor, head of the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv

Honcharenko V. associate professor, head of the Department of Botany, vice-dean of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv

Mamchur Z. associate professor, head of the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv

Manko V. professor, doctor of biological sciences, head of the Department of Human and Animal Physiology of Ivan Franko National University of Lviv

Morhun V. professor, doctor of biological sciences, academician of the NAS of Ukraine, director of the Institute of Plant Physiology and Genetics of NAS of Ukraine

Sybirna N. professor, doctor of biological sciences, head of the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv

Terek O. professor, doctor of biological sciences professor at the Department of Plants Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv

Tkachenko H. professor, dr hab., head of the Department of Biology, vice-director of the Institute of Biology and Environmental Protection of Pomeranian University in Slupsk

Tsaryk Y. professor, doctor of biological sciences, head of the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv

## **Secretariat**

- Patsula O. head of the secretary, associate professor at the Department of Plants Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
- Kavulych Y. PhD, engineer at the Department of Plants Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
- Popovych M. PhD student at the Department of Biophysics and Bioinformatics of Ivan Franko National University of Lviv
- Komplikevych S. PhD student at the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv
- Prytula S. PhD student at the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
- Fedas I. senior laboratory assistant at the Department of Human and Animals Physiology of Ivan Franko National University of Lviv
- Karmash O. PhD student at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv
- Andreychuk R. PhD student at the Department of Botany of Ivan Franko National University of Lviv
- Zhukrovska K.-O. PhD student at the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv
- Martsiv M. PhD student at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv
- Demchuk V. engineer at the Interdepartmental Educational Laboratory of Mathematic Methods in Biology of Ivan Franko National University of Lviv

## **Reviewers**

- Antonyak H. doctor of biological sciences, professor of the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
- Brodyak I. PhD, associate professor at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv
- Bura M. PhD, associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatic of Ivan Franko National University of Lviv
- Dumych O. PhD, associate professor at the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
- Dyka M. PhD, associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatic of Ivan Franko National University of Lviv
- Dykyi I. PhD, associate professor at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv
- Dzhura N. PhD, associate professor at the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
- Fedorenko V. doctor of biological sciences, professor, head of the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv
- Hachkova H. PhD, associate professor at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv
- Halan M. PhD, associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatic of Ivan Franko National University of Lviv
- Halushka A. PhD, associate professor at the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv
- Harasym N. PhD, associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatic of Ivan Franko National University of Lviv

---

Hnatush S.	PhD, professor, head of the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv
Honcharenko V.	PhD, head of the Department of Botany, vice-dean of the Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv
Karpus I.	doctor of biological sciences, professor of the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
Kobyletska M.	PhD, associate professor at the Department of Plant Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
Koltun I.	lecturer at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv
Kyyak V.	doctor of biological sciences, professor of the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
Lesnik V.	lecturer at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv
Luta M.	PhD, associate professor at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv
Mamchur Z.	PhD, associate professor, head of the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
Manko V.	doctor of biological sciences, professor, head of the Department of Human and Animal Physiology of Ivan Franko National University of Lviv
Nagalevska M.	PhD, associate professor at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv
Nazaruk K.	PhD, associate professor at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv
Otchych V.	PhD, associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatic of Ivan Franko National University of Lviv
Peretyatko T.	PhD, associate professor at the Department of Microbiology of Ivan Franko National University of Lviv
Reshetylo O.	PhD, associate professor at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv
Romanyuk N.	PhD, associate professor at the Department of Plant Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
Sabadashka M.	PhD, associate professor at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv
Skrypan I.	lecturer at the Department of Zoology of Ivan Franko National University of Lviv
Stasyk O.	PhD, associate professor at the Department of Biochemistry of Ivan Franko National University of Lviv
Tarnovska A.	PhD, associate professor at the Department of Biophysics and Bioinformatic of Ivan Franko National University of Lviv
Tsvilynyuk O.	PhD, associate professor at the Department of Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
Velychko O.	PhD, associate professor at the Department of Plant Physiology and Ecology of Ivan Franko National University of Lviv
Zhukrovska K.-O.	PhD student at the Department of Genetics and Biotechnology of Ivan Franko National University of Lviv

## **ЗМІСТ**

БІОЛОГІЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА	11
БІОФІЗИКА	20
БІОХІМІЯ	31
БОТАНІКА ТА ІНТРОДУКЦІЯ РОСЛИН	78
ГЕНЕТИКА ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ	98
ЕКОЛОГІЯ	126
ЗООЛОГІЯ	153
МОЛЕКУЛЯРНА ТА КЛІТИННА БІОЛОГІЯ	169
МІКРОБІОЛОГІЯ, ВІРУСОЛОГІЯ ТА ІМУНОЛОГІЯ	177
ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН, БІОМЕДИЦИНА	204
ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН	222
АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК	230

## **CONTENTS**

BIOLOGICAL AND ECOLOGICAL EDUCATION	11
BIOPHYSICS	20
BIOCHEMISTRY	31
BOTANY AND PLANTS INTRODUCTION	78
GENETICS AND BIOTECHNOLOGY	98
ECOLOGY	126
ZOOLOGY	153
MOLECULAR AND CELL BIOLOGY	169
MICROBIOLOGY, VIROLOGY AND IMMUNOLOGY	177
HUMAN AND ANIMALS PHYSIOLOGY, BIOMEDICINE	204
PLANT PHYSIOLOGY	222
INDEX OF AUTHORS	230

## БІОЛОГІЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА BIOLOGICAL AND ECOLOGICAL EDUCATION

**Андрійчук (Радш) Н., Гвоздїй С.**

### ВИВЧЕННЯ БІОЛОГІЇ ЛЮДИНИ УЧНЯМИ СЕРЕДНЬОЇ ШКОЛИ ЗАСОБАМИ ДИСТАНЦІЙНИХ РЕСУРСІВ

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна  
e-mail: radysh1998@ukr.net*

**Andriichuk (Radysh) N., Gvozdi S.** STUDY OF HUMAN BIOLOGY BY SECONDARY SCHOOL STUDENTS BY MEANS OF REMOTE RESOURCES. The article identifies the features, differences, effectiveness of distance learning in today's conditions. Examples of distance resources in the study of human biology in secondary school are given: TeamLabBody, FlorAnimal, etc.

Дослідники називають такі переваги дистанційного навчання: гнучкість – можливість викладання матеріалу курсу з урахуванням підготовки, здібностей учнів. Це досягається створенням альтернативних сайтів для одержання більш детальної або додаткової інформації з незрозумілих тем, а також низки питань–підказок тощо; актуальність – можливість упровадження новітніх педагогічних, психологічних, методичних розробок; зручність – можливість навчання у зручний час, у певному місці, здобуття освіти без відриву від основної роботи, відсутність обмежень у часі для засвоєння матеріалу; модульність – розбиття матеріалу на окремі функціонально завершені теми, які вивчаються у міру засвоєння і відповідають здібностям окремого студента чи групи загалом; можливість одночасного використання великого обсягу навчальної інформації будь-якою кількістю учнів; більші можливості контролю якості навчання, які передбачають проведення дискусій, чатів, використання самоконтролю, відсутність психологічних бар'єрів; відсутність географічних кордонів для здобуття освіти. Зазначимо, що термін «дистанційні ресурси» визначено як ресурси, що містяться у віддаленій системі, але мають бути доступні локальній системі (Бернадский, 1997).

Є багато рішень для систем дистанційного навчання різних навчальних предметів, відмінних за технічними можливостями, наявністю і рівнем складності різних функціональних компонентів. Особливої уваги заслуговують дистанційні ресурси, які можна застосувати під час вивчення біології людини.

*TeamLabBody* – перший онлайн-додаток, у якому розміщені 3D-моделі тіла людини, за допомогою якого можна вивчати анатомію, фізіологію. Цей додаток дає змогу «пощупати» тіло людини та відчути всі його особливості. Додаток створений на основі аналізів МРТ, справжніх тіл і їхніх функцій в реальному часі. Програма буде корисна для вивчення «Біології людини» у 8-му класі та студентам природничих і медичних факультетів. *FlorAnimal* – сайт із розробками онлайн-тестів з біології різного характеру та рівня складності. Цей ресурс вчитель може використати для перевірки знань учнів під час онлайн-уроку, а учні можуть самостійно здійснювати перевірку своїх можливостей і якості засвоєння нового матеріалу. *Kahoot!* – навчальна програма, що складається з ігор. Тут можна зробити серію запитань з кількома варіантами відповідей. Формат і кількість запитань залежать від автора. Є можливість додавати відео, зображення та діаграми (Онлайн-ресурси, 2020).

Висновок: у дистанційному навчанні дитина має пройти шлях від сприйняття інформації до її розуміння, запам'ятовування, можливо, відтворення, використання на різних рівнях. Система дистанційного навчання може і повинна зайняти своє місце в системі освіти, оскільки за грамотної її організації, вона забезпечує якісні знання, що відповідають вимогам сучасного суспільства.

**Апуневич Г., Горбулінська С.**

**ФАХОВІ КОМПЕТЕНЦІЇ МАГІСТРІВ ГЕНЕТИКІВ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*

*e-mail: vira\_b87@ukr.net*

**Apunevych H., Gorbulinska S. PROFESSIONAL COMPETENCIES OF MASTERS OF GENETICS.** The Master of Biology for further pedagogical activity must master the main competencies, one of which, integral competence is the ability to solve problems and issues related to the biological sciences, as well as to have knowledge that is on the border of subject areas. The main professional competencies of masters of biology should also include professional skills, pedagogical skills, pedagogical techniques. The integrative qualities of a teacher must realize personal potential in creative pedagogical activity, improvement of experience, continuous education.

Спільнота педагогів з усього світу вже визнала необхідність навчання впродовж усього життя та необхідність постійного перегляду й оновлення складових професійних компетенцій викладачів. Професійна компетентність – одна з необхідних характеристик формування професіоналізму педагога, це ознака певного рівня його професійної майстерності та результат професійної підготовки в системі безперервної освіти. Це інтегративна якість викладача, яка проявляється у рівні його професійної освіти, готовності до реалізації особистісного потенціалу під час творчої педагогічної діяльності, вдосконаленні досвіду та прагненні до безперервної самоосвіти. Це поняття розуміють, як комплекс особистісних властивостей і практичних умінь викладача, що дає змогу на високому рівні організувати навчально-виховний процес у сучасному освітньому закладі.

Магістратура дає можливості більш повно провести диверсифікацію професійної освіти, розширити варіативність підготовки випускників до наукової діяльності в аспірантурі, здійснювати науково-прикладні дослідження, оперативно включатися в науково-дослідні проекти. Випускник вищої школи має можливості подальшої педагогічної діяльності, а для цього має оволодіти головними компетенціями, а саме: інтегральна компетентність – це вміння вирішувати поставлені задачі та питання, що стосуються біологічних наук, а також володіти знаннями, які лежать на межі предметних галузей. Дана компетентність передбачає проведення різноманітних досліджень, здійснення інновацій у своїй освітній й експериментальній діяльності та вміння самостійно аналізувати різні масиви необхідної для роботи інформації.

Новий рівень осмислення методологічних підходів до педагогічних проблем зробив можливим розгляд компетенцій викладачів вищої школи у трьох професійних площинах їхньої діяльності: академічній, професійно-педагогічній і соціально-особистісній. Професійне самовдосконалення викладача є невід’ємною складовою його діяльності, основою особистісного розвитку компетентісного потенціалу та способом реалізації освіти «навчання впродовж життя».

Сучасний стан розбудови ступеневої освіти в Україні, зокрема на рівні функціонування магістратури, ставить на порядок денний формування нової генерації науково-дослідницького та науково-педагогічного персоналу вищої школи, конкурентоздатного в умовах національного й європейського ринку освітніх послуг. Багато суперечок триває, щодо того, який же він має бути – хороший випускник магістратури. Спершу – це звісно особистість із високим рівнем професіоналізму у своїй справі, яка вміє інноваційно мислити, для якої характерна емоційна та громадянська зрілість. Випускник магістратури – це людина всього світу, яка має безліч можливостей і максимально їх використовує.

**Буцик Н., Романюк Н.**

## ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ У ВИКЛАДАННІ БІОЛОГІЇ

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: Natalia.buttsyk@lnu.edu.ua*

**Butsyk N., Romanyuk N.** APPLICATION OF MOBILE APPLICATIONS IN TEACHING BIOLOGY. Every year the possibilities of using mobile devices increases, the list of educational mobile applications that should be used in the study of the cycle of exact and natural sciences is growing. Among the Ukrainian-language applications for teaching biology is a mobile application “Botany. Terms. Concepts. Personalities”, “Human Anatomy” and others. Also, there are many applications in English. An important task today is the development of Ukrainian-language applications for teaching biology, as well as methods of their use in lessons, taking into account the age of students.

Незважаючи на всі недоліки, пов’язані з пандемією Covid-19, ця ситуація запропонувала новий досвід і спонукала освітян до пошуку нових перспективних форм навчання. Здобувачі освіти мають змогу вчитися з використанням цікавих мобільних додатків, програм та інтернет-курсів, починаючи вже від початкової школи. Існує великий потенціал використання мобільних пристроїв для трансформації того, як ми вчимося і навчаємо, перетворення традиційних уроків на інтерактивні та захоплючі (Wang, Pan, 2008; Zydney, Warner, 2015). Це дає змогу продовжувати навчання після закінчення уроку або поза ним, наприклад, у природі (Lin, Cheng, 2010; Thomas, Fellowes, 2017). Це також допомагає вчителям налагодити спілкування («знайти спільну мову») з учнями (Ward et al., 2013). Сенсорні технології допомагають персоналізувати навчання та підлаштовуватися під конкретного учня (Chu et al., 2010). Такі програми цікаві не лише для школярів, а для їхніх учителів і батьків. За умови їх розумного використання - це цікаве навчання, що сприяє здобуванню нових знань і важливих життєвих компетенцій. Учнім шкільного віку важливо показати, що смартфони, планшети можуть бути використані не лише для розваг, а й для творчості, опанування навчальних предметів, зокрема, біології (Грановська, 2018). Із кожним роком можливості застосування мобільних пристроїв збільшуються, зростає перелік навчальних мобільних додатків, які доцільно застосовувати під час вивчення циклу точних і природничих наук. Вчителі та батьки, відкриваючи для своїх учнів чи дітей цікаві навчальні ресурси, показують їм зручний спосіб навчання й отримання потрібних знань. Окрім цього, такі мобільні додатки можна використати для оцінювання знань учнів. Серед україномовних додатків для навчання біології є обмежена кількість додатків: “Ботаніка. Терміни. Поняття. Персоналії” (<https://play.google.com/store/apps/details?id=ua.chembioeducation.botany>) й Анатомія людини (<https://play.google.com/store/apps/details?id=ua.chembioeducation.angiology>), однак є безліч додатків російською мовою. Водночас, популярними для вивчення біології людини є англійські додатки, що додатково сприяють вивченню іноземної мови: Anatomy Learning - 3D Anatomy Atlas, Anatomy 3D Atlas; для вивчення біології рослин використовують KidArKit Botanica, Botanical families, Trees, біології тварин - Idle Pet - Create cell by cell, загальної біології - 3D Biology + та інші.

Отже, у сучасному освітньому просторі України мобільні пристрої починають перетворюватися на засоби навчання, здатні підвищити інтерес учнів до вивчення предмету. Важливим завданням є розробка україномовних додатків для навчання й оцінювання знань із біології, а також методик використання їх на уроках з урахуванням вікових особливостей учнів.

**Валах І., Корнацька О.**

**РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО МИСЛЕННЯ У ШКОЛЯРІВ НА ПРИКЛАДІ  
ДОСЛІДЖЕНЬ ЯКОСТІ ВОДИ У МІСЦЕВИХ ВОДОЙМАХ**

*Комунальний заклад Львівської обласної ради «Львівський обласний центр  
еколого-натуралістичної творчості учнівської молоді» (ЛОЦЕНТУМ)  
вул. Франка, 133, м. Львів, 79026, Україна  
e-mail: kornatskao@gmail.com*

**Valakh I., Kornatska O.** DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL THINKING IN SCHOOLCHILDRENS DURING THE STUDY OF WATER QUALITY IN LOCAL RESERVOIRS. Study of water pollution in the rivers, lakes and ponds develops schoolchildrens' cognitive interest in self-study of the world around them, stimulates research activities, develops environmental culture and ensures the harmonious development of personality.

Важливою формою роботи з учнями в позашкільний час є організація дослідницької діяльності, як відповідь на пошукову активність школярів. На базі КЗ ЛОР «ЛОЦЕНТУМ» були розроблені методичні поради з організації дослідницької діяльності учнів середнього та старшого шкільного віку на прикладі науково-освітнього проекту «Дослідження показників хімічного забруднення водойм та питної води». За навчальним змістом проєкт є міжпредметним, за видом діяльності – дослідницьким, а за тривалістю – довгостроковим. Метою роботи було формування в учнівської молоді екологічного мислення та навичок природоохоронної діяльності, а також узагальнення і поглиблення знань із природничих дисциплін.

Гуртківці КЗ ЛОР «ЛОЦЕНТУМ» «Юні захисники природи» провели відбір проб у водоймах, криницях приватних домогосподарств і системі централізованого водопостачання регіону Східного Розточчя. Об'єктом дослідження були хімічні показники води у водоймах, а предметом дослідження - забруднення води нітратами й іншими шкідливими речовинами. Особливу увагу звертали на водойми, для яких характерне явище «цвітіння». Зразки води аналізували за допомогою набору реактивів Visokolor ECO (ФРН) на вміст нітратів, фосфатів, амонію, загальної твердості й рН.

Було отримано цікаві дані, які демонструють високий рівень забруднення у колодязях приватних домогосподарств, що, очевидно, пов'язано із недотриманням санітарних вимог за облаштування вигрібних ям, надвірних туалетів і місць утримання худоби, порушень правил застосування мінеральних і органічних добрив. Порівняння показників забрудненості води в природних водоймах у зимовий і літньо-осінній періоди не виявив суттєвих сезонних відмінностей досліджуваних показників, незважаючи на цвітіння води влітку. По закінченні проєкту його учасники донесли отриману інформацію до селищних громад з метою актуалізації проблеми та екологічного виховання населення.

Такі наукові дослідження розвивають у школярів пізнавальний інтерес до самостійного вивчення оточуючого світу, стимулюють пошукову діяльність, розвивають екологічну культуру та забезпечують гармонійний розвиток особистості.

**Водько Т., Микієвич І.**

**МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ КІМНАТНИХ РОСЛИН  
У НАВЧАЛЬНО-ВИХОВНІЙ РОБОТІ З БІОЛОГІЇ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: tanyhathebest200@gmail.com*

**Vodko T., Mykiyevych I.** METHODOLOGY OF USING OF INDOOR PLANTS IN BIOLOGY EDUCATIONAL ACTIVITIES. The presented work is devoted to the problem of the indoor plants usage for the educational activities in the secondary school.

Серед важливих проблем відродження національної освіти особливе місце посідає пошук ефективних методів, форм і засобів навчання, які зроблять сучасний навчально-виховний процес більш ефективним, сприяють зацікавленню учнів до предмету, забезпечать естетичне, екологічне і трудове виховання. Кімнатні рослини були і залишаються провідними натуральними об'єктами, оскільки учні найбільше цікавляться фактами та процесами, які є специфічними для конкретного середовища. Серед них є представники різних екологічних груп, різних життєвих форм і родин, тому вони можуть бути цінним демонстраційним матеріалом під час вивчення багатьох питань із морфології, анатомії, фізіології рослин. Кімнатні рослини, які легко розмножуються, використовують як засоби наочності та об'єкти для проведення лабораторних робіт. Зазвичай, коли ми використовуємо кімнатні рослини у процесі навчання, ми спостерігаємо за ними і проводимо різні експерименти. Основна мета кожного спостереження - виробити правильні навички та вміння по роботі з природними об'єктами і формувати біологічні поняття. Для цього вчитель біології використовує різні методики під час організації роботи учнів з кімнатними рослинами. Це може бути порівняльний прийом, пояснення, заповнення таблиць, складання схем, робота з визначниками.

Так під час пояснення вчителем поняття «простий листок» доцільно використовувати: клен (*Abutilon sellovianum*), королівську бегонію (*Begonia rex*), гібіскус, китайську троянду (*Hibiscus rosa-sinensis*), гібрид гіпеаструм (*Hippeastrum hybridum*), Традесканцію альбіфлору (*Tradescantia albiflora*), які мають різну форму і ступінь розсічення листової пластинки листка. Під час пояснення поняття «складний листок» доцільно використовувати такі кімнатні рослини: Нефролепис високий (*Nephrolepis exaltata*), Фінікову пальму (*Phoenix canariensis*). Листкорозташування можна вивчати на прикладах: чергове розміщення – Бальзамін султанський (*Impatiens sultani*), Фікус пружний (*Ficus elastica*), Плющ звичайний (*Hedera helix*); супротивне – Фуксія гібридна (*Fuchsia hybrida*); кільчасте – Олеандр звичайний (*Nerium oleander*). Під час формування в учнів фізіологічних понять цінними помічниками є Пеларгонія зональна (*Pelargonium zonale*) та Пеларгонія запашна (*Pelargonium graveolens*). За допомогою цих рослин можна вивчати процес транспірації, рухи рослин, отримання ефірної олії з листя. Пеларгонію також використовують під час експерименту на тему: «Утворення крохмалю в листі у процесі фотосинтезу» (проба Сакса). Рух речовин по судинах стебла рослини можна продемонструвати на Бальзаміні султанському (*Impatiens sultani*). Різні методи вегетативного розмноження рослин зручно показати на таких кімнатних рослинах: Бегонії королівській (*Begonia rex*), Клівії кіноварній (*Clivia miniata*), Гіпеастрому гібридному (*Hippeastrum hybridum*) (Барна, 2006; Міронець, 2013).

Таким чином, більшість кімнатних рослин, які можна вирощувати у кабінеті біології згідно з «Положенням про куточок живої природи загальноосвітніх і позашкільних навчальних закладів», можуть слугувати цінним засобом навчання під час формування в учнів спеціальних біологічних понять у навчальній та позакласній роботі, що підвищує інтерес до предмету, сприяє естетичному, екологічному та трудовому вихованню учнів.

**Граматик Н., Ковальджи О.**

**ЕКОЛОГІЧНЕ ВИХОВАННЯ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ  
ШКІЛЬНОГО КУРСУ БОТАНІКИ**

*Ізмаїльський державний гуманітарний університет*

*вул. Рєпіна 12, м. Ізмаїл, 68600, Україна*

*e-mail: olyanen4ikkosh@gmail.com*

**Gramatyk N., Kovalzhy O. THE ENVIRONMENTAL EDUCATION OF PUPILS IN  
THE PROCESS OF STUDYING OF BOTANY SCHOOL COURSE. Modern anthropocentric**

attitude to the environment can be overcome with effective environmental education. In our understanding, this is a phenomenon associated with the formation of an axiological attitude to any manifestation of living things as the greatest value on Earth. Given this, the result of environmental education is the students of secondary school to legitimately consider the personal changes expressed in the system of its relations to the world, to society and to himself.

Сучасний стан взаємодії суспільства і природи виводить на перший план проблеми екологічної освіти й виховання. Безсумнівним є те, що екологічна ситуація в наші дні унікальна як за своєю значимістю для людства загалом, так і за характером тих задач, які вона ставить перед конкретним суспільством. У цьому контексті зростає роль закладу загальної середньої освіти в екологічному вихованні учнів, оскільки міждисциплінарний процес екологічної освіти охоплює всі вікові категорії учнівської молоді.

Передусім вагомим значення набуває середня ланка школи як важлива в системі набуття учнями природничо-наукової та екологічної компетентності та як основа для успішного здобуття освіти наступних рівнів і самоосвіти протягом усього життєвого шляху. Саме фундаментальна біологічна освіта (зокрема, шкільний курс ботаніки) є одним з основних чинників розвитку особистості, яка має переконання, світогляд, активну громадянську позицію, що дають змогу інтегруватися в соціокультурне середовище, креативно реагувати на проблеми і виклики сучасності, усвідомлювати власну роль у суспільстві і світі (Непорожня, 2015).

З огляду на сучасні тенденції трансформації шкільної природничої освіти в контексті концепції «Нова українська школа», шкільний курс ботаніки передбачає вивчення взаємозв'язків організму й середовища, різноманіття рослинних організмів у біоценозах, природничих і суспільних явищ у площині взаємодії системи «людина-суспільство-природа» з метою адекватного розкриття учнівській молоді комплексності сучасного світу. Крім того, саме шкільний курс ботаніки виконує засадничу роль у конструктивному екологічному вихованні учнів основної школи, адже саме з нього розпочинається опанування особистістю біологічної освіти.

Принагідно зауважимо, що екологічні знання як цілісне культурологічне явище є складовою сучасної шкільної природничої освіти, котра повинна здійснюватися з обов'язковим врахуванням екологічних законів, наукових принципів, що комплексно діють у природничій, технологічній, соціальній та економічній сферах (Грамастик, 2019).

Аналіз дидактичного забезпечення природничої освіти свідчить, що зміст освітньої галузі «Природознавство» у структурі Державного стандарту початкової загальної освіти як одне із завдань навчання виокремлює виховання у дітей любові до рідної природи, прагнення до охорони та дбайливого використання природних ресурсів. Оскільки екологічна освіта і виховання характеризуються міждисциплінарним підходом, у навчальних книгах для читання в початковій школі передбачено спеціальні розділи, спрямовані на розв'язання цього завдання. Під час формування в учнів основної школи природничих і екологічних знань у межах вивчення шкільного курсу ботаніки, принципово важливо враховувати досвід роботи командної роботи педагога школи першого ступеня (класовод, вихователь групи подовженого дня, соціальний педагог, шкільний бібліотекар тощо) з екологічного виховання, а також інтегральну функцію сучасних екологічних знань, що дає змогу розширювати і поглиблювати міжпредметні зв'язки, послідовно розкривати основні аспекти взаємодії суспільства та природи. При цьому головними складовими системи виховання учнів мають бути її формальна й неформальна частини, що в цілому й відображає концептуальні підходи до формування освіти для сталого розвитку.

Варто зауважити, що важливо не тільки розкрити біологічну, матеріальну й естетичну цінність рослин, а й головним чином, здійснювати вплив на емоційно-чуттєвий світ особистості з позицій екологічного виховання. Це як переконує творчий досвід педагогів, сприяє формуванню гуманістичного світовідчуття загалом. Як наслідок, екологічне

виховання учнівської молоді у процесі вивчення шкільного курсу ботаніки розглядаємо як складовий елемент цілісного освітньо-виховного процесу.

Отже, з огляду на ключові ідеї Концепції загальної середньої освіти, в основу екологічного виховання учнів у процесі вивчення ботаніки має покладатися система компетентностей, зокрема екологічної, а також дотримання умов формування позитивної мотивації до вивчення екологічних проблем, забезпечення послідовного засвоєння школярами морально-екологічних понять у різних видах діяльності, які сприяють удосконаленню екологічних знань і умінь у профільних класах старшої школи, що в цілому забезпечує дотримання основних принципів екологічного виховання – наступності й неперервності.

### **Гребень І., Микієвич І.**

#### **ІНТЕРАКТИВНІ МЕТОДИ НАВЧАННЯ НА УРОКАХ БІОЛОГІЇ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: inga20192019@gmail.com*

Hreben I., Mykiyevych I. INTERACTIVE TEACHING METHODS IN BIOLOGY LESSONS. A special place among important problems in the national education in Ukraine belongs to the search of teaching effective methods, forms and means, that will promote the efficiency of current educational process. Interactive methods are effective in improvement of the intellectual, spiritual and social skills, they activate cognitive activity of students, formation of skills of team work, etc.

Одним із напрямів модернізації системи навчання є удосконалення методів і форм навчання. На жаль, нашій освіті у сучасному навчально-виховному процесі притаманні переважання вербальних методів навчання й виховання, відсутність цікавих форм та методів організації навчальної діяльності. Пояснення і демонстрування не дають по-справжньому стійких знань. Тому, важливим є впровадження нових більш цікавих форм і методів, які забезпечать розвиток особистості кожного школяра, можливості його самореалізації. Впровадження інтерактивних методів навчання на уроках біології та інших предметів є більш ефективними. Такі методи сприяють інтелектуальному, духовному та соціальному розвитку школяра, активізують пізнавальну діяльність, формують навички роботи в команді.

Інтерактивні методи навчання, на відміну від традиційних, базуються на активному спілкуванні учасників навчального процесу, при цьому основна увага надається взаємодії учасників між собою. Активна робота пов'язує не лише вчителя і учня, але й між учнями у процесі навчання. При цьому і вчитель, і учні – рівноправні, рівнозначні суб'єкти навчання. Роль вчителя є визначальною у формуванні пізнавальних інтересів учнів. Сучасний навчальний процес вимагає від вчителя виклад великого обсягу інформації на рівні розуміння. Завдання, яке стоїть перед вчителем, – розбудити любов учнів до конкретного предмету. Конфуцій писав: «Коли благородний чоловік вчить і виховує, він веде, але не тягне за собою, спонукає, але не примушує. Вказує шлях, але не дозволяє учневі йти самому. Оскільки він веде, а не тягне, він перебуває у згоді з учнем. Оскільки він спонукає, а не примушує, навчання дається учневі легко» (Сиротенко, 2004).

Використання інтерактивного навчання на уроках біології дає додаткову можливість поєднувати теорію і практику під час проведення лабораторних робіт. Активна взаємодія активізує цікавість і допитливість учнів, спонукає їх до пошукової та дослідницької діяльності. Інтерактивні вправи можуть бути використані на будь-якому етапі уроку, але важливо дотримуватися послідовності її проведення. Таке навчання є надзвичайно цікавим, адже має великий набір різних методів: робота у групах і в парах, проведення дискусій, дебатів, моделювання життєвих ситуацій, рольові ігри, які забезпечують спільне розв'язання проблем, уроки-подорожі, прес-конференції, створення проблемних ситуацій, брейн-ринги, тощо.

Під час активного спілкування впродовж уроку учні навчаються бути демократичними, поважати іншу думку, критично мислити, ухвалювати обґрунтовані рішення, працювати в команді. Використання інтерактивних методів у роботі дає вчителю змогу допомогти учню розкрити його вміння та навички, творчий потенціал, сприяє формуванню особистості.

**Павлів Ю., Мамчур О.**

**СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКЛАДАННЯ ЕКОЛОГІЇ В УКРАЇНІ  
У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: juliabagrich777@gmail.com*

**Pavliv Y., Mamchur O. SOME ASPECTS OF TEACHING ECOLOGY IN UKRAINE IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT.** The development of education for sustainable development in Ukraine requires state support, appropriate programs and policy decisions, requires further theoretical justification of the content, forms and methods, the formation and application of inclusive approaches and methods of learning through a personal participation. Such methods are still of limited use in educational work in Ukraine, but the existing examples demonstrate excellent results and confirm a need for their widespread introduction at all levels of education: from preschool to postgraduate and non-formal education.

Сталий розвиток – це розвиток суспільства, за якого задоволення потреб теперішніх поколінь не має ставити під загрозу можливості майбутніх поколінь задовольняти свої потреби. Проблема сталого розвитку перетворилася на важливу складову внутрішньої та зовнішньої політики багатьох держав на різних континентах.

Усі питання сталого розвитку є дуже актуальними для України. Неузгодженість темпів економічного розвитку і вимог екологічної безпеки, домінування природомістких галузей з високою питомою часткою ресурсо- й енергомістких застарілих технологій, сировинна орієнтація експорту, мілітаризація виробництва, відсутність культури праці та споживання тощо призвели до формування техногенного типу економічного розвитку. Як наслідок, нині антропогенне навантаження на природу наближається до граничної межі її екологічної стійкості.

Освіта для сталого розвитку має на меті формування світогляду, що базується на принципах систематизації та засвоєння інформації з питань сталого розвитку. Досвід упровадження в розвинених країнах компонентів освіти для сталого розвитку в контексті екологічної та біологічної освіти переконливо доводить ефективність педагогіки емпauerменту (надихання на дію) як прогресивної філософсько-педагогічної платформи для здійснення освітнього процесу. Основою для системного розв’язання складних питань сталого розвитку в Україні з урахуванням загальнодержавних і регіональних особливостей, напрямів і засобів забезпечення навчання є Національна парадигма сталого розвитку України, оприлюднена у 2012 р. У ній ідеться, зокрема, про важливу роль екологічної освіти на всіх рівнях. Також було прийнято низку законодавчих актів про розвиток екологічної освіти.

Відповідно до цього основна мета екологічної освіти для сталого розвитку полягає у формуванні навичок, фундаментальних екологічних знань, екологічного мислення і свідомості, що ґрунтуються на ставленні до природи як універсальної, унікальної цінності. Основний зміст екологічної освіти спрямований на формування особистості з екологічною світоглядною установкою, на дотримання норм екологічно грамотної поведінки і застосування навичок із захисту власного здоров’я та навколишнього природного середовища на практиці.

Отже, питання сталого екологічного розвитку є дуже актуальними для України. Сталий розвиток потребує державної підтримки, відповідних програм і політичних рішень,

а також подальшого теоретичного обґрунтування змісту, форм і методів, формування і застосування інклюзивних підходів і методів навчання через особисту участь. У навчальній роботі в Україні такі методи ще мають обмежене застосування, але ті приклади, які вже є, демонструють чудові результати і підтверджують необхідність широкого запровадження їх на всіх рівнях освіти: від дошкільної до післядипломної, а також неформальної освіти.

**Nahirnych O., Dzhura M., Dzhura N.**

ENVIRONMENTALIZATION OF LEARNING PROCESS IN HIGHER EDUCATION  
FOR FORMATION OF ENVIRONMENTAL COMPETENCE OF FUTURE BIOLOGY,  
CHEMISTRY AND HUMAN HEALTH TEACHERS

*Ivan Franko National University of Lviv  
4 Hrushevskyy St., Lviv, 79005, Ukraine  
e-mail: nahirnysh19@ukr.net*

One of the prerequisites for solving current environmental problems is the development of environmental competence of every individual, an important role in the formation of which is played by secondary education institutions. The level of student environmental consciousness depends on the effectiveness of environmental education, which, in turn, correlates with the professional training of teachers.

In the conditions of anthropogenic pressure on the environment and aggravation of environmental problems, a need to rethink and review the content of environmental training for future teachers of biology, chemistry and human health arises.

Organization of current education focuses on the formation of vital competencies among the youth. In this process, the key role belongs to the environmental competence of teachers. Higher education institutions ensure the formation of an ecological worldview and the development of an environmental culture of future teachers. In the future, all these will enable a qualified teachers to develop such qualities in students.

Therefore, the issue of creating professional environmental competence through environmentalization of the learning process in higher education institutions (HEIs) maintains its relevance. Faculty of Biology of Ivan Franko National University of Lviv trains Bachelors and Masters under the subject area 014.05 Secondary Education (Biology and Human Health).

For the qualitative formation of environmental competence as a component of professional training of future biology, chemistry and human health teachers, in our opinion, the following should be achieved: 1) updating existing educational programs and integrating environmental information into certain academic disciplines; 2) ensuring pedagogical interaction and using abundant interactive forms and methods of teaching along with state-of-the-art technology; 3) considering conditions outside the HEIs and providing opportunities for fieldwork.

Professional environmental competence is developed on the basis of scientific environmental knowledge. It is essential to introduce environmentalization to the main teaching and learning forms in HEIs (lectures, seminars, laboratory classes, fieldwork and pedagogical practice). Bachelors and Masters should be prepared to make environmentally sound decisions and take responsibility for their actions. We believe that the success of high-quality education development, among others, depends on the collaboration of higher and secondary education institutions which can join their efforts and contribute to solving environmental problems of a particular region.

In view of this, environmental competence of biology, chemistry and human health teachers is crucial for the development of their nature-centred worldview, commitment, care and responsibility for the environment. Making the society environmentally conscious and developing its ecological culture is intrinsically linked with the environmental health and safety of the nation.

## БІОФІЗИКА / BIOPHYSICS

### **Баковська А., Гарасим Н., Боднарчук Н., Санагурський Д.** ЛІГАНДНІ ФОРМИ ГЕМОГЛОБІНУ ЕРИТРОЦИТІВ ЩУРІВ ЗА ДІЇ ГІСТАМІНУ І БЕТАГІСТИНУ

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: golovchak\_nataly@ukr.net*

**Bakovska A., Garasym N., Bodnarchuk N., Sanagursky D.** LIGAND FORMS OF HEMOGLOBIN ERYTHROCYTES OF RAT AT THE ACTION OF HISTAMINE AND BETAGISTINE. The combined action of betahistine at a concentration of 0.1 and 10  $\mu\text{m}$  and histamine causes a decrease in the content of deoxyhemoglobin and an increase in the content of sulfhemoglobin compared to the control.

Відомо, що еритроцити забезпечують транспорт кисню. Гістамін є біогенним аміном і медіатором алергічних реакцій негайного типу та псевдоалергічних реакцій. Відомо, що для нівелювання шкідливої дії гістаміну застосовують блокатори гістамінорецепторів. Бетагістин є блокатором H<sub>3</sub>-рецептора (Марушко, 2016). Залишається невивченим питання чи на поверхні плазматичної мембрани наявні гістамінорецептори. Оскільки провідна функція еритроцита – це транспорт газів по організму, важливо вивчити дію гістаміну на гемоглобін.

Для аналізу відбирали еритроцити білих нелінійних щурів. До суспензії еритроцитів додавали гістамін, кінцева концентрація якого у пробі становила 5,398 мкМ. Для виявлення на плазматичній мембрані еритроцитів H<sub>3</sub>-рецепторів до гістаміну застосовували бетагістин. До еритроцитів додавали бетагістин, аби кінцева концентрація становила відповідно 0,1; 1; 10 мкМ. До інших зразків після інкубації з бетагістином додавали гістамін. На кожному етапі досліджування відбирали зразки для аналізу вмісту лігандних форм гемоглобіну (Дудок, 2007).

Нами встановлено, що додавання до еритроцитів гістаміну зумовлює зниження вмісту тільки метгемоглобіну в 1,19 рази. Встановлено, що бетагістин за концентрацій 0,1; 1; 10 мкМ веде до зміни кількості лігандних форм гемоглобіну в еритроцитах. Бетагістин у концентрації 10 мкМ сприяє утворенню сульфгемоглобіну. Бетагістин у цій концентрації веде до зниження вмісту дезоксигемоглобіну. Нами виявлено, що досліджуваний блокатор H<sub>3</sub> рецептора у концентрації 1 мкМ веде до більш виражених змін часток лігандних форм гемоглобіну. Зокрема, відбувається зниження вмісту дезоксигемоглобіну у 4,2 рази, а також підвищення вмісту карбоксигемоглобіну і метгемоглобіну в 1,13 рази та у 2,2 рази відповідно. Бетагістин у концентрації 0,1 мкМ веде до зниження тільки дезоксигемоглобіну в 1,4 рази.

Після інкубації еритроцитів з бетагістином додавання гістаміну зумовлює зміни, відмінні від попередніх двох серій експерименту. За поєданого введення до еритроцитів бетагістину у концентрації 10 мкМ та гістаміну відбувається зростання вмісту сульфгемоглобіну та метгемоглобіну порівняно з контролем. Нами виявлено підвищення вмісту зазначених показників, а також і карбоксигемоглобіну порівняно з групою еритроцитів, до яких додавали тільки гемоглобін. Встановлено, що за зазначеного впливу відбувається зниження вмісту дезоксигемоглобіну як порівняно з контролем, так і порівняно з групою еритроцитів до яких додавали гістамін приблизно у 2,2 рази. Відбувається також зниження вмісту оксигемоглобіну у 1,2 рази порівняно з групою еритроцитів, до яких додавали тільки гістамін.

Нами виявлено, що додавання до еритроцитів гістаміну після їхньої інкубації з бетагістином у концентрації 1 мкМ зумовлює зростання вмісту сульфгемоглобіну у 2,7

рази порівняно із експериментальною групою, де додавали тільки гістамін. Отже, за цієї концентрації бетагістину рецепція гістаміном зумовлює повернення показників лігандних форм гемоглобіну до рівня контролю. Поєднана дія бетагістину в концентрації 0,1 мкМ та гістаміну веде до зниження вмісту дезоксигемоглобіну в 1,3 рази та підвищення вмісту сульфгемоглоїну у 3,6 рази порівняно з контролем.

**Білик А., Тарновська А.**

**БИОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ СПЕРМОГРАМ ЧОЛОВІКІВ РІЗНИХ ВІКОВИХ ГРУП  
У НОРМИ ТА ЗА ПАТОЛОГІЙ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: angel\_ina26@ukr.net*

**Bilyk A., Tarnovska A. BIOMETRIC ANALYSIS OF SPERMOGRAMS OF MEN IN DIFFERENT AGE GROUPS IN THE NORMAL AND IN PATHOLOGY.** The goal of this work was to compare the analyses of spermograms of men in the age groups 20-29 years and 30-39 years in the norm and in pathology. According to statistics about 20% of couples worldwide have some problems conceiving a child. Statistics show that in almost 50% of cases, conception does not occur precisely because of male infertility. This can be explained by genetic disorders or hormonal abnormalities, increased incidence of genital diseases in men, increasing developmental abnormalities due to environmental influences, smoking, alcohol and drug use, stress, overweight, unhealthy diet, uncontrolled use of medicines and other factors. These factors can cause such pathologies as asthenozoospermia, teratozoospermia, oligozoospermia.

Однією з найпоширеніших причин чоловічого безпліддя є проблема з продукуванням сперматозоїдів, порушення статевої функції у чоловіка. Протягом останніх кількох років спостерігається тенденція до зростання чоловічого фактора непліддя. Приблизно 40 % (різні автори вважають 50 %) всіх випадків чоловічого непліддя становить, так зване ідіопатичне непліддя. Багато причин тягнуть за собою появу чоловічого безпліддя та можуть перешкодити зачаттю, зокрема: недостатня концентрація, рухливість або форма сперматозоїдів, необхідних для нормального зачаття: проблеми медичного характеру, що впливають на репродуктивну систему, наприклад, недостатня продукція сперматозоїдів або звуження сім'явивідних каналів. Також інфекцію як причину чоловічого безпліддя дедалі частіше виділяють із групи нез'ясованих причин зниження чоловічої фертильності. У зв'язку з цим питання встановлення факту чоловічого непліддя та виявлення ймовірної його причини є актуальним та важливим.

Метою нашої роботи було проаналізувати спермограми чоловіків вікових груп 20-29 років і 30-39 років у нормі та за астенозооспермії, а також визначити взаємозв'язок між причинами виникнення чоловічого непліддя і наслідками, які проявляються зміною якісних та кількісних показників еякуляту й репродуктивної системи загалом. Об'єктом наших досліджень були спермограми, отримані під час дослідження пацієнтів у клініці репродуктивної медицини "Альтернатива клініка". Було обстежено 30 чоловіків віком від 20 до 29 років (молодша група) та 29 чоловіків віком 30-39 років (середня група). У результаті досліджень нами виявлено, що з 30 чоловіків у 15-ти спермограми відповідали астенозооспермії а в 15 – нормозооспермії (коли кількісні та якісні показники сперми є в межах норми), а серед 29 чоловіків середньої вікової групи у 16-ти спермограми відповідали астенозооспермії, а у 13 – нормозооспермії. За контроль ми брали спермограми пацієнтів із нормозооспермією. Спермограми оцінювали за такими критеріями: 1-й критерій – кількість еякуляту; 2-й – в'язкість сім'яної рідини; 3-й – кількість сперматозоїдів в 1 мл еякуляту; 4-й – загальна кількість сперматозоїдів у всьому еякуляті, 5-й – рухливість сперматозоїдів. Наступним показником є морфологія сперматозоїдів. Морфологію сперматозоїдів ми

оцінювали за кількістю нормальних і дегенеративних сперматозоїдів. Ще один критерій – це показник плідності Фаррїса. Він дає змогу показати кількість швидких і рухливих, малорухливих і нерухливих сперматозоїдів.

Оцінка якості сперми – одна з основних методик визначення репродуктивних здібностей чоловіка і функціонального стану його сечостатевої системи. Крім того, за якістю сперми можна непрямим чином судити про гормональний баланс чоловічого організму. Тому базовий аналіз андрології – спермограма – має широкі діагностичні можливості. Оцінюючи спермограми чоловіків молодшої вікової групи (20-29 р.) ми відмітили, що показники активності сперматозоїдів, їхня кількість та показник Фаррїса порівняно з нормою значно знижені. Оцінюючи спермограми чоловіків середньої вікової групи (30-39 р.), слід відмітити, що порівняно з нормою зростає кількість сперматозоїдів, проте знижується кількість швидких і рухливих, тоді як показник Фаррїса залишається в межах норми.

**Гропа В., Бойко Г. \*, Шарій Т. \*, Отчич В.**

#### КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ КОМБІКОРМІВ ДЛЯ ТЕЛЯТ ВІД 0 ДО 6 МІСЯЦІВ

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

*\*Державний науково-дослідний контрольний інститут  
ветеринарних препаратів та кормових добавок  
e-mail: galinabojko@gmail.com*

**Gropa V., Boyko G., Shariy T., Otchych V. QUALITY CONTROL OF FEED FOR CALVES IN THE AGE FROM 0 TO 6 MONTHS.** The aim of this work was to determine the quality content of feed for calves. Then we compared it with the norm, which is specified in international standards. The work was performed at the State Research Control Institute of Veterinary Drugs and Feed Additives. This procedure is very important because compound feed that does not pass the inspection cannot be allowed on the shelves of the magazine counter.

Розвиток скотарства, як м'ясного, так і молочного, неможливий без організації збалансованої та науково-обґрунтованої годівлі телят. Висока продуктивність дорослих тварин перебуває у прямій залежності від умов вирощування і годівлі телят у молочний період вигодовування.

Відомо, що серед усього комплексу факторів, які впливають на інтенсивне вирощування телят, найбільшої уваги заслуговують якість корму і спосіб годівлі телят у перші періоди постембріонального розвитку молодняка від народження до 6 місяців. З метою прискорення розвитку травного тракту телят у ранні терміни життя за високих приростів живої маси на практиці намагаються здійснити шляхом введення в раціон годівлі рослинних кормів. Однак рослинні корми, навіть високоенергетичні (зерно злакових і бобових культур), котрі містять велику кількість білків, вуглеводів, крохмалю тощо, телята перетравлюються дуже повільно і в незначних кількостях. Показано, що для усунення цих недоліків доцільно проводити претестування всіх рослинних кормів.

Мета нашої роботи – визначити вміст сирогої клітковини, сирого протеїну, жиру, вологи та золи у комбікормах для годівлі телят. Вміст протеїну у досліджуваних зразках комбікормів перебував у межах 15,4-15,8 %, вміст жиру – 2,9-3,1 %, вміст вологи – 11,0 %, вміст клітковини – 4,7-5,1 %, вміст золи – 2,8-3,1 %. За результатами досліджень, усі зразки комбікормів: комбікорм № 1, комбікорм № 2 та комбікорм № 3 – для годівлі телят, перебувають у межах норми і придатні для використання в промислових масштабах, можуть бути використані для забезпечення власного ринку якісними продуктами та водночас є конкурентоспроможними на зовнішньому і внутрішньому ринку.

**Луцьович Д., Муzyка Я., Тарновська А.**

**АНАЛІЗ СПЕРМОГРАМ ЧОЛОВІКІВ 20-29 РОКІВ  
ЗА НОРМОЗООСПЕРМІЇ ТА ТЕРАТОЗООСПЕРМІЇ**

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

**Lutsovych D., Muzyka Ya., Tarnovska A.** THE ANALYSIS OF SPERMOGRAMS OF MEN 20-29 YEARS OLD DURING NORMOSOOSPERMIA AND TERATOZOSPERMIA. We analyzed the spermograms of men with teratozoospermia and identified the relationship between the causes of male infertility and the consequences of changes in the qualitative and quantitative indicators of ejaculate and the reproductive system in general. In the spermograms with teratozoospermia, a significant decrease in the number of morphologically normal sperm against the background of growth of morphologically degenerative sperm and a significant deviation from the norm of the Farris index. Severe disease dramatically reduces the chances of fertilization and increases the likelihood of malformations in the fetus, if fertilization has occurred.

Протягом останніх десятиліть у всьому світі відзначено зниження фертильності чоловіків через погіршення якості сперми. Ймовірно, це пояснюється тенденцією до збільшення захворювань чоловічих статевих органів. Окрім цього, спостерігається погіршення кількісних і якісних показників спермограми у практично здорових чоловіків. Середня кількість сперматозоїдів у еякуляті здорового чоловіка за останні 50 років зменшилась удвічі, а середній об'єм еякуляту – на одну третину (Яцків, 2017).

Причини, які призводять до зниження кількісних і якісних параметрів сперми, залишаються невідомими. За результатами досліджень, фактори способу життя (стрес, паління, алкоголь, вплив хімічних факторів навколишнього середовища, що мають естрогенну активність, урбанізація тощо) негативно впливають на чоловічу репродуктивну систему, яка є найбільш вразливою та найменш захищеною.

Відомо, що зниження запліднювальної здатності еякуляту може спостерігатися без будь-яких відхилень від нормальних параметрів рутинного сперматологічного обстеження. Близько 30 % випадків дослідження спермограми не дає однозначної відповіді про першопричину зниження фертильності, оскільки зміни даної функції відбуваються на функціональному молекулярно-біологічному або біологічному рівні (Яцків, 2013). Таким чином, для встановлення факту чоловічого непліддя із ймовірної його причини поряд з об'єктивними й іншими видами обстеження пацієнта насамперед необхідне комплексне лабораторне дослідження еякуляту.

Метою нашого дослідження було проаналізувати спермограми чоловіків за тератозооспермії, визначити взаємозв'язок між причинами виникнення чоловічого непліддя і наслідками, які проявляються зміною якісних та кількісних показників еякуляту й репродуктивної системи загалом. Об'єктом наших досліджень були спермограми, отримані під час дослідження пацієнтів у клініці репродуктивної медицини "Альтернатива клініка". Було обстежено 30 чоловіків віком від 20 до 29 років. У результаті досліджень нами виявлено, що з 30 чоловіків у 15 спермограми відповідали тератозооспермії, а у інших 15 – нормозооспермії (коли кількісні та якісні показники сперми є в межах норми). За контроль ми брали спермограми пацієнтів із нормозооспермією. Спермограми оцінювали за такими критеріями: 1-й критерій – кількість еякуляту; 2-й – в'язкість сім'яної рідини; 3-й – кількість сперматозоїдів в 1 мл еякуляту; 4-й – загальна кількість сперматозоїдів у всьому еякуляті, 5-й – рухливість сперматозоїдів. Наступним показником є морфологія сперматозоїдів. Морфологію сперматозоїдів ми оцінювали за кількістю нормальних і дегенеративних сперматозоїдів. Ще один критерій – це показник плідності Фарріса. Він дає змогу показати кількість швидких і рухливих, малорухливих і нерухливих сперматозоїдів.

У спермограмах чоловіків, хворих на тератозооспермію, виявлено значне зменшення кількості морфологічно нормальних сперматозоїдів на фоні зростання морфологічно дегенеративних сперматозоїдів і суттєве відхилення від норми індексу Фарріса. Виражене захворювання різко знижує шанси запліднення і збільшує вірогідність вад розвитку у плода, якщо запліднення відбулося.

Враховуючи тенденцію до зниження репродуктивної здатності чоловіків, важливим і актуальним є з'ясувати першопричину захворювання та взаємозв'язок між факторами, що викликають непліддя у чоловіків.

**Пальна А., Бойко Г.\*, Шарій Т.\*, Отчич В.**

### ВИЗНАЧЕННЯ СИРОГО ПРОТЕЇНУ ТА КЛІТКОВИНИ У КОМБІКОРМАХ ДЛЯ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ

*Львівський національний університет ім. Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*

*\*Державний науково-дослідний контрольний інститут ветпрепаратів та кормових добавок  
вул. Донецька, 11, м. Львів, 79019, Україна  
e-mail galinaboiko@gmail.com*

**Palna A., Boyko G., Shariy T., Otchych V. DETERMINATION OF CRUDE PROTEIN AND FIBER IN FEEDS FOR BROILER CHICKENS.** This work was to determine the content of crude protein and fiber in feed for broiler chickens. Then we compared it with the norm, which is specified in international standards. The work was performed at the State Research Control Institute of Veterinary Drugs and Feed Additives. This procedure is very important because compound feed that does not pass the inspection cannot be allowed on the shelves of the magazine counter.

Головне у годівлі курчат-бройлерів - це забезпечення інтенсивного росту з мінімальними затратами кормів на одиницю продукції. У молодняка птиці травна система розвинута недостатньо і не може виробляти ферменти, необхідні для засвоювання кормів. Щоб запобігти захворюванням курчат, необхідно проводити систематичний контроль годівлі, враховуючи вік і потребу у поживних речовинах і обмінній енергії.

Вирощування молодняка повинно базуватися на збалансованій годівлі відповідно до норм. У перші дні слід згодовувати легкоперетравні корми, такі, як кукурудза, соєвий шрот, макуха, ячмінь без плівок. Цей комбікорм має назву престартерний. Після нього дають стартерний, а з 2-3-го тижня “Троуер”. На завершення відгодівлі – на 7-8-й тиждень – фінішний. Рецепт комбікормів повинна враховувати кількість обмінної енергії, протеїн, жир, клітковину, кальцій, фосфор, натрій, а також незамінні амінокислоти, зокрема, цистин, метіонін, лізин, триптофан.

Роботу виконували у Державному науково-дослідному контрольному інституті ветпрепаратів та кормових добавок. Мета наших досліджень – провести аналіз комбікормів для курчат-бройлерів стартової та фінішної відгодівлі за показниками сирого протеїну і клітковини й порівняти отримані результати з нормами годівлі.

У результаті проведених досліджень отримано такі показники: в кормі “Стартовий” вміст сирого протеїну становив 21,8 %, вміст клітковини - 3,9 %. В кормі “Фінішний” вміст протеїну - 19,7 % а клітковини - 4,0 %.

Таким чином, отримані результати свідчать про відповідність досліджуваних кормів нормам годівлі курчат-бройлерів вказаних вікових груп. Слід зауважити, що проведення глибокого і точного аналізу вмісту поживних речовин у рецептах комбікормів дає змогу усунути порушення обміну речовин у курчат і раціонально використовувати кормові ресурси.

**Рештей Х.****ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЕНДОГЕННОГО ГІСТАМІНУ В ЕРИТРОЦИТАХ САМОК ЩУРІВ ЗА ДІЇ БІОГЕННОГО АМІНУ ТА БЕТАГІСТИНУ**

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

**Reshtey Kh.** DETERMINATION OF ENDOGEN HISTAMINE IN RATS ERYTHROCYTES AT THE ACTION OF BIOGENIC AMINES AND BETAGISTIN. the addition of histamine at a concentration of 5.4  $\mu\text{M}$  reduces the content of endogenous histamine by 24 % relative to the control group. The addition of betahistine, with a concentration of 0.1  $\mu\text{M}$ , leads to a significant reduction in the content of endogenous histamine by 91 %, betahistine, with a concentration of 1  $\mu\text{M}$  - by 96 %, betahistine, with a concentration of 10  $\mu\text{M}$  - by 95 %.

Гістамін є біогенним аміном, що бере участь у місцевих імунних реакціях. Цей біогенний амін діє як нейромедіатор для головного, спинного мозку та матки. Гістамін є медіатором алергічних і псевдоалергічних реакцій, виконує в організмі захисну функцію. Є чотири види гістамінових рецепторів – H1, H2, H3 та H4, і для кожного з них є свої блокатори (Бішко, 2016). Для рецептора H3 – це бетагістин. На сьогодні залишається невідомим, чи на мембрані еритроцитів містяться рецептори до гістаміну. Тому важливим є вивчення питання наявності їх на мембранах червоних кров'яних тілець, зокрема, H3 рецептора. Відомо, що рецептори до гістаміну задіяні також і в регуляції вмісту гістаміну в крові через втягування його еозинофілами, вивільнення базофілами крові. Виявилось, що еритроцити теж містять гістамін. Враховуючи це важливо дослідити участь H3 рецептора (за його наявності) в регуляції вмісту біогенного аміну в еритроцитах самочок щурів.

Для аналізу еритроцити самок щурів відмивали фізіологічним розчином. Було проведено дослідження, де до еритроцитів додавали гістамін (5,398 мкМ), інкубували 5 хв. за кімнатної температури і потім відмивали фізіологічним розчином. Для виявлення на плазматичній мембрані еритроцитів H3-рецепторів до гістаміну, до відмитих еритроцитів додавали бетагістин (щоб кінцева концентрація становила відповідно 0,1; 1; 10 мкМ) й інкубували 5 хв за кімнатної температури, потім відмивали. До інших зразків після інкубації з бетагістином додавали гістамін, щоб кінцева концентрація становила 5,398 мкМ. Проводили інкубацію 5 хв і відбирали зразки (які відмивали фізіологічним розчином та проводили гемоліз) для аналізу вмісту ендogenous гістаміну (Вороніна, 2004).

Нами виявлено, що додавання гістаміну в концентрації 5,4 мкМ до еритроцитів знижує вміст ендogenous гістаміну на 24 % щодо контрольної групи. Додавання бетагістину концентрацією 0,1 мкМ веде до значного зниження вмісту ендogenous гістаміну на 91 %, бетагістину концентрацією 1 мкМ – на 96 %, бетагістину, концентрацією 10 мкМ, – на 95 %. Отже, незалежна дія бетагістину в еритроцитах самочок щурів зумовлює зниження рівня ендogenous гістаміну.

За додавання бетагістину в концентрації 0,1 мкМ у поєднанні з гістаміном (5,4 мкМ) вміст ендogenous гістаміну знижується на 71 %, бетагістину, концентрацією 1 мкМ, у поєднанні з гістаміном – на 62 %, бетагістину у концентрації 10 мкМ з гістаміном – на 69 % порівняно з інтактними клітинами. Проте, якщо порівнювати ці дослідні групи з групами, де до еритроцитів було додано тільки бетагістин у відповідних концентраціях, то виявлено достовірне підвищення вмісту гістаміну. Це свідчить про те, що блокування H3 рецептора за стимулювання гістаміну (інших типів гістамінорецепторів) регулює ендogenous рівень біогенного аміну.

**Семко Я., Мандзинець С., Бура М.**

**Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-АТФАЗНА АКТИВНІСТЬ ООЦИТІВ І ЗАРОДКІВ В'ЮНА  
УПРОДОВЖ ЕМБРІОГЕНЕЗУ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
бул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: yarynasemko@gmail.com*

**Semko Ya., Mandzynets S., Bura M.** THE ACTIVITY OF THE Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase ACTIVITY OF LOACH OOCYTES AND EMBRYOS DURING EMBRYOGENESIS. The enzymatic activity of Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase of loach oocytes and embryos cells has studied. In the unfertilized eggs, the activity of the ATPase is 65.8% of the activity of embryos after fertilization.

Функції плазматичних мембран клітин зумовлені їхніми протеїновими компонентами, які виконують роль іонних каналів, pomp, ензимів, рецепторів. Ведуча роль серед іонних транспортерів плазматичної мембрани належить Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-АТФазі – маркерному ензиму плазматичної мембрани, що здійснює активне трансмембранне перенесення іонів Na<sup>+</sup> та K<sup>+</sup> і тим самим підтримує нормальне функціонування клітини. Численними дослідженнями показано, що активність Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-АТФази відіграє ключову роль у підтриманні внутрішньоклітинного іонного гомеостазу, осмотичного балансу клітини, трансмембранного потенціалу клітин, змінюється під впливом гормонів, факторів росту, стресу (Boldyrev, 2000; Хіе, 2002; Капля, 2006); опосередковано бере участь у регуляції експресії генів, проліферації та рості клітин (Карицкая, 2008; Капля, 2006; Хіе, 2002). За патологічних станів організму ферментативна активність Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-АТФази змінюється, наприклад, за діабету та ішемії (Jamme, 1999; Orlov, 2004); а мутації  $\alpha$ -субодиниці ензиму і, відповідно, порушення каталітичного циклу Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-АТФази призводить до розвитку важких захворювань, наприклад, геміплегічної мігрені 2 типу, дистонії-паркінсонізму, дитячої геміплегії та синдрому Конна (Ташкин, 2014).

З біофізичної точки зору, дослідження особливостей функціонування Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-АТФази ооцитів і зародкових клітин є актуальним та перспективним. Оскільки статеві та зародкові клітини холоднокровних є адекватною тест-системою для дослідження впливу різних фармакологічних і хімічних чинників на живі організми (Гойда, 1993; Бура, 2009; Романюк, 2016), а завдяки короткому періоду ембріогенезу, плазматичні мембрани зародків є зручним об'єктом для досліджень Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-АТФази. Метою роботи було дослідити ензиматичну активність Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-АТФази ооцитів та зародкових клітин в'юна.

Попередніми дослідженнями (Гойда, 1993; Целевич, 2008) встановлено, що зростання Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-АТФазної активності зародків зумовлює підвищення рівня трансмембранного потенціалу впродовж раннього розвитку в'юна (Бериташвили, 1974), які десинхронно нарастають до 6-ї години розвитку. У кінці синхронних поділів на стадії 10 поділу бластомерів виявлено одночасне зниження рівня потенціалу (Гойда, 1993) й ензиматичної активності Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-помпи (Целевич, 2008). Цікаво, що саме в цей період у зародків знижується мітотичний індекс і зростає морфогенетична активність ядер (Бериташвили, 1974).

Для встановлення оптимальних умов Mg<sup>2+</sup>-залежного гідролізу АТФ, який каталізується Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-АТФазою ооцитів, досліджували накопичення продукту АТФ-гідролізаційної реакції залежно від концентрації субстрату (АТФ; для зародків у попередніх дослідженнях використовували діапазон 0,1÷3 ммоль/л (Целевич, 2008)). Дані експериментів показали, що кінетику Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-активованого, Mg<sup>2+</sup>-залежного гідролізу АТФ сапонін-перфорованими ооцитами відображають криві, які мають тенденцію до насичення в діапазоні концентрацій АТФ 0,5÷2 ммоль/л. Порівняно з стадією 2 бластомерів у незапліднених яйцеклітинах в'юна, активність досліджуваного ензиму становила

65,8 % активності зародків після запліднення і налічувала  $0,13 \pm 0,1$  мкмоль P/хв·мг білка. Зростання ензиматичної активності  $\text{Na}^+, \text{K}^+$ -АТФази впродовж раннього розвитку зародків холоднокровних пов'язане з процесами ембріогенезу та перебудовами клітинних мембран.

**Сова Н.<sup>1</sup>, Попович М.<sup>1</sup>, Шалай Я.<sup>1</sup>, Мандзинець С.<sup>1</sup>, Гренюх В.<sup>1</sup>,  
Мітіна Н.<sup>2</sup>, Заїченко О.<sup>2</sup>, Бабський А.<sup>1</sup>**

**ВПЛИВ ПОХІДНОГО ТІАЗОЛУ В КОМПЛЕКСІ З ПОЛІМЕРНИМИ НОСІЯМИ  
НА УЛЬТРАСТРУКТУРУ КЛІТИН ЛІМФОМИ**

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

пл. Святого Юра, 9, м. Львів, 79000, Україна

e-mail: [madrigalamar@gmail.com](mailto:madrigalamar@gmail.com)

**Sova N., Popovych M., Shalai Ya., Mandzynets S., Hreniukh V., Mitina N., Zaichenko O., Babsky A.** ULTRASTRUCTURE OF LYMPHOMA CELLS UNDER THE ACTION OF THIAZOLE DERIVATIVE IN COMPLEX WITH POLYMER CARRIERS. The effect of the thiazole derivative in combination with polymeric carriers on the ultrastructure of lymphoma cells was studied. The studied thiazole derivative in complex with polymeric carriers at concentrations of 10  $\mu\text{M}$  leads to irreversible changes in the ultrastructure of lymphoma cells. Complexes of thiazole derivative with polymeric carriers significantly reduce the nuclear cytoplasmic index, the number of lysosomes and the area of mitochondria. These data indicate that the thiazole derivative and its complexes with carriers show their cytotoxicity in both apoptotic and necrotic types.

Зміна ультраструктури клітин дає змогу дослідити рівень впливу шкідливих факторів на внутрішню структуру клітини. Застосування методу електронної мікроскопії разом із вивченням функціональних процесів допомагає встановити можливі механізми, що зумовлюють патологічні стани та їх зв'язок з ультраструктурними змінами у клітині (Зинь, 2014). Протипухлинні похідні тiazолу є класом гетероциклічних сполук, які проявляють і низку інших терапевтичних властивостей (Туров, 2012). У наших попередніх дослідженнях цитотоксична дія похідного тiazолу в комплексі з полімерними носіями була встановлена для клітин гепатокарциноми, гліоми і клітин промієлоцитарного лейкозу людини (Finiuk et al., 2021). Ці ефекти були навіть більш виражені, ніж за дії відомого хіміотерапевтичного препарату – доксорубіцину.

Метою роботи було дослідити вплив похідного тiazолу (БФ1) в комплексі з полімерними носіями (полі ПЕГ-метакрилат, комплекси 6 і 16) на ультраструктуру клітин лімфоми. Дослідження проводили на нелінійних мишах-самцях з лімфомою Немет-Келнера (NK/Ly). Асцитну форму лімфоми прищеплювали методом внутрішньочеревної інокуляції. Похідне тiazолу БФ1 у комплексі з полімерними носіями додавали до суспензії клітин лімфоми у діючій концентрації 10 мкМ та інкубували впродовж 15 хв. Ультраструктуру клітин лімфоми досліджували методом електронної мікроскопії (Kaminsky et al., 2008). На підставі електронних мікрофотографій розраховували такі показники: ядерно-цитоплазматичний індекс, кількість та площа мітохондрій і лізосом. Статистичну обробку результатів досліджень проводили з використанням програми MS Excel-2013. Для оцінки достовірності обчислювали коефіцієнт Стьюдента.

Аналіз електронограм контрольних клітин лімфоми NK/Ly показав, що у контрольній групі ядра займають більшу частину клітини, а цитоплазма – орієнтовно 20–30 % загального об'єму. Встановлено, що у концентрації 10 мкМ речовина БФ1 зумовлює деструктивні зміни клітин лімфоми переважно апоптичного типу. Зокрема, клітини зменшувались і втрачали еліптичну форму. Спостерігали також деформацію ядра, зменшення його розмірів, руйнування плазматичної мембрани, набряк крист мітохондрій. Подібні зміни

ультраструктури клітин лімфоми також спостерігали за дії комплексів БФ1 та полімерних носіїв. Кількісний аналіз електронограм дозволив встановити, що за дії БФ1 достовірно зменшувалася кількість лізосом і площа мітохондрій. Натомість за дії комплексів 6 і 16 спостерігали зниження ядерно-цитоплазматичного індексу ( $P \leq 0,05$ ). Кількість лізосом і площа мітохондрій також знижувались. Отже, досліджуване похідне тіазолу в комплексі з полімерними носіями у концентраціях 10 мкМ призводить до деструктивних змін апоптичного та некротичного характеру в ультраструктурі клітин лімфоми.

**Тригуб С., Козира Р., Генега А., Тарновська А.**

**АКТИВНІСТЬ ГЛУТАТІОНПЕРОКСИДАЗИ У ЗАРОДКІВ В'ЮНА  
ЗА ВПЛИВУ АНТИБІОТИКІВ КЛАСУ ФТОРХІНОЛОНІ**

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

**Tryhub S., Kozyra R., Heneha A., Tarnovska A.** THE ACTIVITY OF GLUTATHIONE PEROXIDASE IN LOACH EMBRYOS UNDER THE INFLUENCE OF FLUORQUINOLONE CLASS ANTIBIOTICS. We investigated the effect of fluoroquinolone antibiotics on glutathione peroxidase activity in loach embryos at different stages of development. After analyzing the dynamics of the studied enzyme activity of antioxidant protection, we can say that the nature of the effect of borocin and flumikvil on the dynamics of the activity of GPO have an activating effect. On the 1st, 3rd and 5th hours of development under the action of borocin there is an increase in the activity of the studied enzyme. The most activating effect is manifested at a concentration of 0.25 µg/ml.

Застосування зародкових об'єктів розглядають як перспективний прискорений метод дослідження токсичності речовин, оскільки за умов впливу хімічних сполук змінюються концентрації речовин усередині зародків, швидкість біохімічних процесів і величина потенціалів клітин тощо. Як показники, що реагують на зовнішні впливи, можна використати зміну антиоксидантного стану клітин (Антоняк Г.Л. та ін., 1999). Ці процеси змінюються за дії фізичних факторів (температура, дія магнітних і електричних полів, лазерне опромінення) і хімічних агентів (гормони, антибіотики, цитостатики, іони важких металів). Таку властивість ферментів антиоксидантної системи можна використати в експертизі щоби визначити, як на них впливає токсична речовина чи комплекс речовин і, зрештою, на організм загалом.

Розвиток науки і техніки стимулював широке використання нових антибактерійних засобів. Серед дискусійних і непростих проблем антимікробної хіміотерапії питання про можливість та протипокази застосування фторхінолонів у лікувальній практиці є одним з найбільш актуальних. Важливими властивостями фторхінолонів є широкий спектр дій, активність щодо мікроорганізмів, стійких до препаратів інших класів і висока клінічна ефективність за відсутності належного терапевтичного ефекту інших антимікробних засобів (Падейська О.Н. та ін., 2012).

Метою роботи є дослідження можливості застосування зародкових об'єктів як тест-систем для перевірки впливу шкідливих речовин. Для досягнення мети ми розв'язували такі завдання: дослідити активність глутатіонпероксидази (ГПО) за впливу бороцину та в концентраціях 0,25, 1,5 та 2,5 мкг/мл на 1, 3 та 5 год розвитку.

Дослідження проводили на зародках в'юна *Missgumus fossilis L.*, який сьогодні широко використовується у вивченні ембріологічних, біохімічних, цитологічних та інших проблем. У лабораторних умовах в'юнів сортували за статтю й утримували в окремих акваріумах за температури 4 °С. Яйцеклітини отримували і запліднювали за А.А. Нейфахом. Для з'ясування впливу досліджуваних фторхінолонів на зміну активності ферментів антиоксидантної системи, в середовище, в якому культивувалися зародкові клітини в'юна,

додавали бороцин і флюміквіл у 2,5 мкг/мл, 1,5 мкг/мл та 0,25 мкг/мл концентраціях. Мірою активності ферменту глутатіонпероксидази є швидкість окиснення глутатіону за наявності гідропероксиду третинного бутілу. Концентрацію відновленого глутатіону до і після інкубації визначали колориметрично.

Проаналізувавши динаміку активності досліджуваного ферменту антиоксидантного захисту, можна сказати, що вплив бороцину та флюміквілу на динаміку активності ГПО проявляють активуючу дію. В загальному характер динаміки активності при дії бороцину та флюміквілу всіх трьох випадках є дуже подібним. На 1-шу, 3-тю і 5-ту години розвитку за дії бороцину спостерігається підвищення активності досліджуваного ферменту. Найбільш активуюча дія проявляється за концентрації 0,25 мкг/мл.

Отже, ми встановили, що найнижча концентрація фторхінолонів (0,25 мкг/мл) призводить до найбільшого зростання активності ГПО на 1-й, 3-й та 5-й годинах розвитку. Дослідження ферментів глутатіонової системи показали, що ГПО активність зародків в'юна, інкубованих у досліджуваних середовищах, найбільше зростає на 3-тю год розвитку.

### Юрив І.

#### ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЕНДОГЕННОГО ГІСТАМІНУ В ЕРИТРОЦИТАХ САМОК ЩУРІВ ЗА ДІЇ БІОГЕННОГО АМІНУ І БЛОКАТОРІВ ГІСТАМІНОРЕЦЕПТОРІВ

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: golovchak\_nataly@ukr.net*

**Yuriv I.** DETERMINATION OF ENDOGEN HISTAMINE IN RATS ERYTHROCYTES AT THE ACTION OF BIOGENIC AMINE AND HISTAMINE RECEPTOR BLOCKERS. The action of DRB at a concentration of 10  $\mu\text{m}$  with histamine of 5,4  $\mu\text{m}$  causes a decrease in the content of histamine to a minimum value of 3,1 %.

Гістамін – це органічна сполука, що належить до класу біогенних амінів. Він виконує регуляторну, захисну функцію в організмі та є медіатором алергічних реакцій негайного типу. Як відомо, є 4 типи гістамінових рецепторів H1, H2, H3 та H4 (Niaragh, 2010). Блокатори гістамінових рецепторів – це речовини, які впливають на вміст та метаболізм гістаміну. На сьогодні є невідомою наявність рецепторів до гістаміну на плазматичній мембрані еритроцитів. Тому дослідження такого роду є актуальними.

В експериментах використовували еритроцити самок щурів. Для виявлення H4 рецептора використовували такі блокатори: дезлоратадин, до H1 рецептора, ранітидин до H2 рецептора, бетагістин до H3 рецептора (ДРБ). Виявляли наявність H4 рецептора за здатністю еритроцитів поглинати чи вивільняти гістамін. Для вирішення питання, чи здатні еритроцити поглинати гістамін, гепаринізовану кров центрифугували, після чого плазму виливали, а еритроцити відмивали тричі фізіологічним розчином і потім до червоних кров'яних тілець додавали гістамін, щоб кінцева концентрація в пробі становила 5,398 мкМ. Після інкубації, яка тривала 5 хв, еритроцити відмивали фізіологічним розчином. Для вивчення наявності на плазматичній мембрані еритроцитів H4 рецепторів до гістаміну, застосовували блокатори рецепторів. Для цього до відмитих еритроцитів додавали одночасно дезлоратадин, ранітидин, бетагістин (таким чином, щоб кінцева концентрація кожного становила 0,1; 1; 10 мкМ). До інших зразків після інкубації з блокаторами ДРБ додавали гістамін (кінцева концентрація становила 5,398 мкМ). Проводили інкубацію 5 хв, відмивали і відбирали зразки для аналізу. Проводили гемоліз еритроцитів і визначали вміст ендogenous гістаміну (Вороніна, 2004).

У ході дослідіу нами встановлено, що за додавання гістаміну в концентрації 5,4 мкМ вміст ендogenous гістаміну в еритроцитах зменшився і становив 76 % від вмісту в інтактних. Проте таке зниження не підтвердилося достовірністю. За додавання ДРБ у концентрації 0,1 мкМ вміст ендogenous гістаміну становив 14 %, ДРБ у концентрації

1 мкМ – 6,6 %, ДРБ у концентрації 10 мкМ – 48,2 %. Тобто вміст ендogenous гістаміну знижувався за додавання ДРБ різних концентрацій.

У результаті додавання ДРБ концентрацією 0,1 мкМ, у поєднанні з гістаміном 5,4 мкМ вміст ендogenous гістаміну становив 11,6 % від вмісту в інтактних, ДРБ концентрацією 1 мкМ, у поєднанні з гістаміном 5,4 мкМ – 7,7 %, ДРБ концентрацією 10 мкМ, у поєднанні з гістаміном 5,4 мкМ – 3,1 %. Потрібно зазначити, що лише за поєднаної дії ДРБ у концентрації 10 мкМ та гістаміну порівняно з незалежною дією ДРБ (10 мкМ) відбувалося зниження вмісту ендogenous гістаміну в еритроцитах самок щурів. Тому можна припустити, що на мембрані еритроцитів наявний H4 рецептор до гістаміну, який бере участь у регулюванні вмісту біогенного аміну в цих клітинах.

**Afonina U.<sup>1,4</sup>, Stanovyi O.<sup>2</sup>, Dovbeshko G.<sup>1</sup>, Olenchuk M.<sup>1</sup>, Gnatyuk O.<sup>1</sup>, Pastukhov A.<sup>3</sup>,  
Pozdnyakova N.<sup>3</sup>, Krisanova N.,<sup>3</sup> Borisova T.<sup>3</sup>**

#### SPECTRAL CHARACTERISTICS OF ISOLATED PRESYNAPTIC NERVE TERMINALS

*<sup>1</sup>Institute of Physics of NASU, 46, Nauky Avenue, Kyiv, 03028, Ukraine*

*<sup>2</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, 60 Volodymyrska Str., UA-01033 Kyiv, Ukraine*

*<sup>3</sup>Palladin Institute of Biochemistry of NASU, 9, Leontovycha St., Kyiv, 01054, Ukraine*

*<sup>4</sup>Educational and Scientific Center “Institute of Biology and Medicine”*

*of Taras Shevchenko National University of Kyiv*

*2, Akademika Glushkova Avenue, Kyiv, 02000, Ukraine*

*e-mail: ulianochka1m@gmail.com*

Studying of new antiviral drugs is an important researching field. This issue is especially relevant now in connection with the global pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus. Isolated presynaptic nerve terminals called synaptosomes. They are a subcellular fraction which is formed during the destruction of nerve cells, when the synaptic endings break off from the axons and form vesicles. They are a convenient model system for studying membrane polarization, ion transport and drug influence on neurotransmission.

Synaptosomes offer a compromise between an intact living cell and a highly simplified membrane preparation. They contain synaptic vesicles and exocytotic release of different neurotransmitters can thus be studied in vitro. In our study, we obtained the FTIR and Raman spectra of synaptosomes isolated from the rat cortex.

The purpose of our work is to determine the spectral markers of isolated presynaptic nerve terminals. Synaptosomes are a convenient model object for studying drug influence on the brain. At the next stage of our research synaptosomes are used to study the antiviral drug remdesivir, potentially suitable for the treatment of COVID-19 and its effect on the brain.

Synaptosomes were prepared by isolation from rat brain homogenate. Used techniques: FTIR, Raman Spectroscopy.

The spectrum shows a weak band 720 cm<sup>-1</sup> (belonging to DNA), band at 750 cm<sup>-1</sup> belong to tryptophan in porphyrin, (protein assignment), 1004 cm<sup>-1</sup> phenylalanine (protein assignment). Intense bands are observed at frequencies 1131 cm<sup>-1</sup> (lipids) and 1313 cm<sup>-1</sup> (protein and DNA), and proteins another band belonging to nucleic acids is observed at a frequency of 1340 cm<sup>-1</sup>. Intense band at 1662 cm<sup>-1</sup> is responsible for Amide I.

Synaptosomes are convenient model system for various biophysical studies. But to use them, it is necessary to have an understanding of the various characteristics of the system. Different types of vibration spectroscopy are used to be good methods for the analysis of biological samples such as cells and they separate compartments, intermolecular forces and conformational changes of molecules and biopolymers. In our study, a set of vibration markers of synaptosomes was determined.

The work has received funding from the National Research Foundation of Ukraine (Grant application № 2020.01/0043).

**БІОХІМІЯ / BIOCHEMISTRY****Бадичка В., Николайчук І.****ЛАКТАТДЕГІДРОГЕНАЗНА АКТИВНІСТЬ У СИРОВАТЦІ КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ РІЗНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ХАРЧОВОГО РАЦІОНУ ПРОТЕЇНОМ І САХАРОЗОЮ***Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича**вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, Україна**e-mail: badychka.viktoriiia@chnu.edu.ua*

**Badychka V., Nykolaichuk I.** LACTATE DEHYDROGENASE ACTIVITY IN RATS' SERUM UNDER THE DIFFERENT PROVISION OF PROTEIN AND SUCROSE IN THE DIET. It was found that the consumption of excess sucrose can be considered as a key factor in increasing the lactate dehydrogenase activity in rats' serum with the simultaneous development of hyperlactataemia.

Лактатдегідрогеназа (КФ 1.1.1.27, ЛДГ) – ключовий ензим метаболізму вуглеводів, задіяний у регуляції анаеробного й аеробного гліколізу, підтриманні окисно-відновного потенціалу клітини (Forkasiewicz, 2020), а також відіграє важливу роль у процесах ацидозу, апоптозу тощо (Хомутов, 2020). Швидкість метаболізму у різних тканинах організму неоднакова, потреби в енергії часто відрізняються (Paventi, 2017). У літературі зазначено, що близько 40 % лактату надходить у кровотік зі скелетних м'язів, тоді як печінка та нирки переважно поглинають лактат із крові з подальшим використанням його у процесі гліюконеогенезу (Adeva-Andany, 2014). З огляду на те, що лактат розглядають як специфічний тканинний резерв пірувату, оборотність ЛДГ реакції та високу активність ензиму, перетворення пари субстратів лактат-піруват забезпечує контроль співвідношення  $\text{NADH}(\text{H}^+)/\text{NAD}^+$  у клітинах (Koukourakis, 2019).

ЛДГ активність підвищується у крові за низки патологічних станів та є достовірним відображенням порушення метаболічних процесів у організмі (Buopocore, 2016). Водночас досліджують вміст лактату в крові, підвищений рівень якого може бути наслідком посиленого утворення та/або зниженої елімінації (Соловьева, 2018).

Враховуючи вищесказане, метою роботи було дослідити ЛДГ активності та вміст лактату в сироватці крові щурів за умов споживання раціонів, розбалансованих за кількістю протеїну і сахарози.

Напівсинтетичні раціони для тварин моделювали за рекомендаціями American Institute of Nutrition (Reeves, 1993). Щурі контрольної групи споживали повноцінний напівсинтетичний раціон. Тварини 1-ї дослідної групи отримували низькопротеїновий раціон (Корупчук, 2014), тварини 2-ї групи – перебували на високосахарозній дієті (Fernandes-Lima, 2015), тварини 3-ї групи на тлі нестачі харчового протеїну споживали надмірну кількість сахарози.

Результати проведених досліджень показали, що підвищення ЛДГ активності та зростання вмісту лактату в сироватці крові спостерігалось лише у тварин, які отримували надлишок сахарози незалежно від кількості харчового протеїну. Ми припускаємо, що встановлена нами гіперлактатемія може бути наслідком зниженого кліренсу лактату. Оскільки попередніми дослідженнями встановлено, що за умов дисбалансу макронутрієнтів (сахарози) у харчовому раціоні щурів, порушується фільтраційна здатність нирок. З іншого боку, внаслідок підвищеної швидкості утилізації глюкози на фоні функціонального обмеження піруватдегідрогеназного комплексу відбувається накопичення пірувату, який може перетворюватися на лактат.

Отже, споживання надлишку сахарози можна розглядати як ключовий чинник підвищення активності лактатдегідрогенази та розвитку гіперлактатемії в сироватці крові щурів.

**Ваташук М., Гурза В., Дем'янчук О., Байляк М., Лушчак В.**

**ВПЛИВ ВИСОКОКАЛОРИЙНОЇ ДІЄТИ Й АЛЬФА-КЕТОГЛЮТАРАТУ  
НА АНТРОПОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА АКТИВНІСТЬ МІТОХОНДРІАЛЬНИХ  
КОМПЛЕКСІВ У ПЕЧІНЦІ МИШЕЙ**

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника*

*вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ, 76000, Україна*

*e-mail: vataschuk2016@ukr.net*

**Vatashchuk M., Hurza V., Demianchuk O., Bayliak M., Lushchak V.** IMPACT OF HIGH FAT DIET AND ALPHA-KETOGLUTARATE ON ANTHROPOMETRIC INDICATORS AND ACTIVITY OF MITOCHONDRIAL COMPLEXES IN LIVER OF MICE. This work aimed to investigate the effect of alpha-ketoglutarate and high fat diet on anthropometric parameters and activity of mitochondrial complexes of liver of young mice. A ten-week, high fat diet did not cause significant anthropometric changes in mice but inhibited mitochondrial complex I in mouse liver. Alpha-ketoglutarate reduced the amount of visceral fat in mice and activated mitochondrial complex I, indicating the activation of energy metabolism.

Ожиріння – одна з найбільших проблем галузі охорони здоров'я 21 століття й одна з найпоширеніших причин передчасної смертності. Однією з причин ожиріння є надмірне споживання висококалорійної їжі, що супроводжується надмірним накопиченням жирової тканини в організмі. Це, зрештою, призводить до погіршення здоров'я через ризики розвитку цукрового діабету, серцево-судинних захворювань, гіпертонії. Одним із підходів у запобіганні метаболічним порушенням є використання харчових додатків. Зокрема, деякі дослідження демонструють таку здатність для альфа-кетоглутарату (АКГ), важливого клітинного метаболіту. Оскільки АКГ відіграє важливу роль у регуляції енергетичного обміну в організмі, ми припустили, що саме через вплив на активність мітохондрій може реалізуватися його дія. Тому метою нашої роботи було дослідити вплив харчового АКГ на антропометричні показники й активність комплексів мітохондрій печінки мишей на фоні базової дієти і висококалорійної жирної дієти.

Мишей (самців) лінії C57BL/6 5-місячного віку розділяли на 4 групи: контроль, 1 % АКГ, висококалорійна дієта (ВКД), ВКД + 1 % АКГ. Контрольні групи годували стандартною дієтою (6,3% жиру) та поїли питною водою. Групу «1 % АКГ» годували кормом стандартної дієти та поїли водою з додаванням 1 %-го розчину натрієвої солі АКГ. Інші дослідні групи годували кормом висококалорійної дієти на основі смальцю (60 % жиру) та поїли питною водою без (група ВКД) та з додаванням 1 %-го розчину АКГ. Експеримент тривав 10 тижнів. По досягненню 8-місячного віку мишей зважували, піддавали евтаназії, забирали органи та виділяли мітохондрії для біохімічних аналізів. Усі зразки заморожували в рідкому азоті.

Показано, що маса тіла в усіх групах мишей на 10-му тижні експерименту була вищою, порівняно з масою тіла цих мишей на початку експерименту, проте суттєвих відмінностей у масі та довжині тіла між різними групами мишей не знайдено. Не було виявлено достовірних відмінностей у індексах ожиріння між контрольними й експериментальними групами мишей. Це може вказувати на те, що обраний термін експерименту недостатній для розвитку видимих морфологічних відмінностей між контрольною та ВКД групами. У мишей, які споживали воду з 1 %-м АКГ, була менша маса вісцерального жиру, порівняно з відповідним контролем. Експериментальні групи (1 % АКГ та ВКД + 1 % АКГ) споживали менше води, порівняно з контрольними групами. Визначення активності комплексів електронно-транспортного ланцюга мітохондрій, виділених з печінки мишей, виявило, що дієта з 1 %-им АКГ активує комплекс I, а ВКД інгібує його. На інші мітохондріальні комплекси ВКД і АКГ не впливали.

Таким чином, висококалорійна дієта на основі смальцю не викликає суттєвих антропометричних змін, проте знижує активність комплексу І мітохондрій у печінці молодих мишей. За споживання альфа-кетоглутарату знижується кількість вісцерального жиру в тілі мишей та зростає активність І комплексу мітохондрій, що вказує на те, що АКГ активує мітохондріальне дихання.

**Візінська Г., Кеца О.**

**ЛІПІДНИЙ СПЕКТР КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ ВПЛИВУ  $\Omega$ -3 ПОЛІНЕНАСИЧЕНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ І ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ**

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, Україна  
e-mail: vizinska.halyna@chnu.edu.ua*

**Vizinska G., Ketsa O.** LIPID SPECTRUM OF RAT BLOOD UNDER THE INFLUENCE OF  $\omega$ -3 POLYUNSATURATED FATTY ACIDS AND LASER IRRADIATION. The aim of the study is the effect of low-intensity laser irradiation and omega-3 polyunsaturated fatty acids on the lipid spectrum of rats. It is established that under the action of laser irradiation there is an increase in LDL levels and a decrease of HDL. With regard to cholesterol, an increase in its level is observed both in irradiated animals and in those to whom  $\omega$ -3 PUFA was added during and after irradiation. Low cholesterol is observed in animals that have been previously injected with omega 3. These results can be explained by the fact that  $\omega$ -3 PUFA can inhibit cholesterol synthesis and at the same time increase HDL levels.

Низькоінтенсивне лазерне випромінювання викликає велику зацікавленість у дослідників завдяки своїй здатності впливати на метаболізм клітин, сприяючи регенерації тканин за дії низьких доз і діючи деструктивно – за впливу високих доз (Jackson, 2010). Проникнення лазерного випромінювання через тканини організму залежить від структури тканини. Такі параметри випромінювання як інтенсивність світла, довжина хвилі впливають на взаємодію тканини зі світлом. Коефіцієнт поглинання тканини визначає рівень поглинання квантів світла тканиною організму (Pantyo, 2009). Додатковим коригуючим впливом володіють  $\omega$ -3 поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), які беруть участь у нормалізації ліпідного обміну, зменшуючи кількість ліпопротеїнів низької щільності (ЛПНЩ), холестеролу та збільшуючи вміст ліпопротеїнів високої щільності (ЛПВЩ) у крові (Шевченко, 2013).

Мета роботи – дослідити ліпідний спектр крові за умов введення  $\omega$ -3 ПНЖК та за дії лазерного випромінювання.

Введення  $\omega$ -3 ПНЖК проводили за 7 днів до початку опромінення, протягом 7 днів після лазерного опромінення та паралельно з лазерним опроміненням. Опромінення здійснювали лазерним діодом у червоному діапазоні спектра (довжина хвилі 650 нм) у ділянку червоної порожнини на відстані 10 см від поверхні шкіри. Контролем слугували інтактні щури. У плазмі крові визначали рівень загального холестеролу та холестеролу ЛПВЩ і ЛПНЩ.

Результати проведених досліджень показали, що у групі тварин, яких піддавали дії лазерного випромінювання щоденно протягом 4 хв, спостерігається підвищення вмісту ЛПНЩ та зниження ЛПВЩ. Водночас у тварин яким спочатку вводили  $\omega$ -3 ПНЖК, а після цього опромінювали, концентрація ЛПВЩ та ЛПНЩ не відрізнялася від показників контролю, що вказує на коригувальну дію попереднього введення  $\omega$ -3 ПНЖК, очевидно, за рахунок їхнього вбудовування у біологічні мембрани клітин. У тварин, яким  $\omega$ -3 ПНЖК вводили під час та після лазерного опромінення встановлено підвищення вмісту ЛПНЩ у 1,4 та у 1,7 разу, відповідно, порівняно з контролем. Водночас, у крові тварин цих груп знижується рівень ЛПВЩ. Щодо холестеролу, то підвищення його рівня спостерігається як

у опромінених тварин, так і у тих, яким  $\omega$ -3 ПНЖК додавали під час та після опромінення. Найнижчий рівень холестеролу спостерігається за умов попереднього введення  $\omega$ -3 ПНЖК. Такі результати можуть бути зумовлені тим, що  $\omega$ -3 ПНЖК впливають на вміст ліпідів у крові, а саме здатні пригнічувати синтез холестеролу з одночасним підвищенням концентрації ЛПВЩ.

Отже, щоденне 4-хвилинне лазерне опромінення щурів призводить до підвищення вмісту загального холестеролу завдяки підвищенню вмісту ЛПНЩ. Попереднє введення  $\omega$ -3 ПНЖК зумовлює гіпохолестеринемічний ефект.

### **Вільків Х., Нагалєвська М., Сибірна Н.**

#### **ВПЛИВ ВОДНОГО ЕКСТРАКТУ ЛИСТЯ ЯКОНА (*SMALLANTHUS SONCHFOLIUS* ROEPP. & ENDL.) НА ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЩУРІВ З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ МЕТАБОЛІЧНИМ СИНДРОМОМ**

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

**Vilkiv K., Nagalievskia M., Sybirna N. INFLUENCE OF WATER EXTRACT OF YA-CONS (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.) LEAVES ON HEMATOLOGICAL INDICATORS UNDER THE CONDITION OF EXPERIMENTAL METABOLIC SYNDROME.** The use of water extract of yacon leaves leads to the normalization of hematological indicators of peripheral blood under the condition of experimental metabolic syndrome. This indicates the feasibility of its use for the treatment of complication that lead to the development of this pathological conditions.

Метаболічний синдром (MetS) - це патологічний стан, що характеризується абдомінальним ожирінням, порушенням толерантності до глюкози, дисліпідемією та гіпертонією, що у сукупності призводить до підвищення ризику розвитку серцево-судинних захворювань та цукрового діабету 2 типу. Розвиток MetS супроводжується значним порушенням клініко-гематологічного стану, зокрема, спостерігається підвищення кількості лейкоцитів, тромбоцитів, еритроцитів і зростання концентрації гемоглобіну.

Перспективним джерелом біологічно активних речовин, що можуть бути використані для терапії MetS є багаторічна рослина якон (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.). Вона багата на фруктоолігосахариди, фенольні речовини, мікроелементи (K, Ca і P) та незамінні амінокислоти (триптофан, валін і треонін). Було встановлено, що екстракти з цієї рослини здатні знижувати рівні гіперліпідемії та гіперглікемії.

Метою роботи було дослідити вплив водного екстракту якона на гематологічні показники щурів за експериментального метаболічного синдрому.

Дослідження проводили на білих безпородних щурах самцях масою тіла 250–300 г, яких утримували у стандартних умовах віварію з дотриманням загальних етичних принципів проведення експериментів на тваринах. Для індукування метаболічного синдрому у щурів використовували 10 % розчин фруктози, який тварини споживали протягом 42 діб. В експериментальних дослідженнях використовували такі групи тварин: 1) контрольні тварини; 2) контрольні тварини, яким протягом 14 діб (K+Y) вводили екстракт листя якона; 3) тварини з експериментальним MetS; 4) тварини з MetS, яким протягом 14 діб (MetS +Y) вводили досліджуваний екстракт.

Встановлено, що за введення екстракту листя якона здоровим тваринам кількість еритроцитів зростала на 16,8 %, а концентрація гемоглобіну – на 16,3 %, порівняно з контрольними значеннями. Індукція метаболічного синдрому супроводжується збільшенням кількості еритроцитів на 44,0 % та зменшенням концентрації гемоглобіну на 5,7 %. Введення досліджуваного екстракту тваринам з метаболічним синдромом

супроводжується зниженням кількості еритроцитів на 58,0 %. Натомість було встановлено зростання концентрації гемоглобіну на 38,1 %, щодо тварин з MetS, які не отримували екстракт.

Застосування водного екстракту листя якона за умов експериментального метаболічного синдрому призводить до нормалізації гематологічних показників, що вказує на доцільність його використання для терапії ускладнень, що супроводжують розвиток цього патологічного стану.

**Гіжецька О., Єфіменко Н., Кармаш О., Люта М., Сибірна Н.**

КИСЕНЬТРАНСПОРТНА ФУНКЦІЯ ГЕМОГЛОБІНУ  
ЗА ДІЇ ФОТОБІОМОДУЛЯЦІЙНОЇ ТЕРАПІЇ У РАЗІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО  
ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: nataliya.yefimenko.lnu@gmail.com*

**Hizhetska O., Yefimenko N., Karmash O., Liuta M., Sybirna N.** HEMOGLOBIN OXYGEN TRANSPORT FUNCTION UNDER THE ACTION OF PHOTOBIO-MODULATION THERAPY IN THE CASE OF EXPERIMENTAL DIABETES MELLITUS. It was found that under diabetic conditions there is a left shift of oxyhemoglobin dissociation curves and decrease in  $P_{50}$  compared to the control group. The use of red light photobiomodulation therapy lead to decrease in  $P_{50}$  in the group of control animals and an increase of this index in the group of animals with diabetes.

Цукровий діабет (ЦД) впливає на клітини крові. Зміни мембрани еритроцитів, порушення зв'язування кисню гемоглобіном і модифікація механічних характеристик – це ефекти гіперглікемії на еритроцити (Szablewski, 2017). Незважаючи на те, що вміст загального гемоглобіну в еритроцитах хворих на ЦД зазвичай не відрізняється від норми, транспортна функція цих клітин, яка пов'язана з постачанням кисню до периферичних тканин і органів, усе ж порушується. Це пов'язано з тим, що глікозильований гемоглобін утворює міцний зв'язок із киснем і сприяє розвитку тканинної гіпоксії у разі ЦД. У попередніх наших роботах було показано, що застосування фотобіомодуляційної терапії червоним світлом (ФБМТ<sub>чс</sub>) виявляло антидіабетичний ефект, знижуючи концентрації глюкози крові та глікозильованого гемоглобіну, а також мало позитивний вплив на деякі фізико-хімічні характеристики еритроцитів у щурів із ЦД (Кармаш, 2018).

Метою роботи було дослідити вплив ФБМТ<sub>чс</sub> на кисеньтранспортну функцію гемоглобіну за експериментального цукрового діабету.

Досліди проводили на самцях безпородних щурів масою 120–180 г. Тварини були розподілені на 4 групи: I – контроль (К); II – К+ФБМТ<sub>чс</sub>; III – ЦД; IV – ЦД+ФБМТ<sub>чс</sub>. ЦД індукували внутрішньоочеревинним введенням стрептозотоцину (6 мг/100 г маси). В експериментах було використано тварин із рівнем глюкози у крові більше 14 мМ. Тварин II і IV груп було опромінено за допомогою матриці зі світлодіодами довжиною хвилі 630–660 нм і загальною потужністю 150 мВт по 5 хв щоденно впродовж 10 днів. Усі маніпуляції з тваринами проводили з дотриманням норм біоетики. Спорідненість гемоглобіну до кисню визначали спектрофотометричним методом побудови кривих деоксигенації оксигемоглобіну (КДО) за методом Ю. Г.Іванова.

Показник ступеня спорідненості гемоглобіну до кисню є  $P_{50}$  – значення  $pO_2$ , за якого гемоглобін вивільняє 50 % зв'язаного кисню. Встановлено, що у щурів III групи відбувається зсув КДО вліво та зниження  $P_{50}$  на 28,8 % порівняно з показниками у I групі. Зсув КДО ліворуч свідчить про розвиток в організмі гіпоксичного стану. У результаті цього може спостерігатися гіпервентиляція легень, що супроводжується розвитком алкалозу, й

підвищенням рН усередині еритроцита. У підвищення спорідненості гемоглобіну до кисню робить свій вклад збільшення вмісту глікозилизованого гемоглобіну та метгемоглобіну за ЦД. Це перешкоджає регуляції кисеньтранспортної функції оксигемоглобіну за участі 2,3-дифосфогліцерату.

У II групі тварин відбувається зсув КДО ліворуч,  $P_{50}$  знижується на 24 %, тоді як у IV –  $P_{50}$  збільшується на 16 % порівняно зі значеннями у неопромінених тварин. Таким чином, ФБМТ<sub>чс</sub> тварин з ЦД призводила до покращення кисеньтранспортної функції еритроцитів. Ймовірно, підвищення  $P_{50}$  зумовлено фотодисоціацією оксигемоглобіну з вивільненням кисню і відновленням гемоглобіну. Додаткове вивільнення кисню дає можливість завадити розвиткові тканинної гіпоксії, стимулювати аеробний метаболізм клітин і в результаті – досягти бажаного терапевтичного ефекту.

**Кир’яченко Є., Галенова Т., Савчук О.**

**ВПЛИВ КОМПОНЕНТІВ СЛИЗУ САДОВОГО РАВЛИКА (*H. ASPERSA*)  
НА ДЕЯКІ ПАРАМЕТРИ СИСТЕМИ ГЕМОСТАЗУ**

*Навчально-науковий центр “Інститут біології і медицини”  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
вул. Володимирська, 64/13, м. Київ; 01601, Україна  
e-mail: zh01ke10@gmail.com*

**Kyriachenko Ye., Halenova T., Savchuk O.** INFLUENCE OF *H. ASPERSA* SNAIL SLIME ON SOME PARAMETERS OF HEMOSTASIS. The aim of this study was to define the effects of *H. aspersa* mucus on platelet functions. We established that the crude extract didn't affect platelet aggregation, while it had a moderate influence on blood coagulation via inductor stimulation. Thus, the obtained data indicate the need of further research of mucus active components, responsible for mentioned activities, and their additional properties.

Слиз черевоногих молюсків є цінним джерелом біологічно активних речовин, що становлять інтерес як для різних сфер промисловості, так і для фармакологічної галузі. Протягом кількох століть компоненти слизу равликів були досліджені на наявність антимікробної, антиоксидантної, протизапальної та протиракової активностей. Однак не до кінця залишається висвітленим питання щодо потенційних ефектів компонентів слизу равликів на функціонування системи гемостазу.

Метою даної роботи було проаналізувати вплив компонентів слизу садового равлика (*H. aspersa*) на деякі параметри системи гемостазу.

У дослідах використовували водні розчини ліофільно висушеного слизу *H. aspersa* (5 мг/мл), вирощених на равликовій фермі (с. Гречане, Дніпропетровська обл.). Агрегацію тромбоцитів досліджували на фотооптичному агрегометрі АТ-02 (Медтех, РФ). Плазму, збагачену тромбоцитами (ПЗТ), інкубували зі зразками слизу *H. aspersa* (кінцеві концентрації білка у пробах становили 50; 35; 25 і 15 мкг на 1 мл ПЗТ) протягом 2 хв за +37 °С. Агрегацію тромбоцитів індукували внесенням  $5 \times 10^{-6}$  М АДФ. Час зсідання, за умов попередньої інкубації плазми зі зразком слизу *H. aspersa*, досліджували у коагулометричних тестах: «тромбіновий час» (ТЧ), «протромбіновий час» (ПЧ) і «активованний частковий тромбопластиновий час» (АЧТЧ) з використанням готових реактивів відповідних комерційних наборів (Ренам, РФ). Для визначення впливу компонентів слизу *H. aspersa* на проферменти системи гемостазу використовували хромогенні субстрати для тромбіну ( $S_{2238}$ ), протеїну С ( $S_{2366}$ ), плазміну ( $S_{2251}$ ) та фактора Ха ( $S_{2222}$ ). Зразок слизу інкубували з плазмою крові протягом 5 хв за +37 °С, після чого до інкубаційного середовища додавали відповідний хромогенний субстрат та слідували за зміною оптичної щільності проб при довжині хвилі 405 нм (μQuant, BioTek Instruments, США).

Встановлено, що компоненти слизу здатні активувати протромбін плазми й ініціювати утворення активного тромбіну, що виражалося в інтенсивному розщепленні відповідного субстрату –  $S_{2238}$ . Нами не було виявлено статистично значущих змін часу зсідання у тестах ПЧ і ТЧ, за умов інкубації плазми зі зразками слизу *H. aspersa*, тоді як час зсідання у тесті АЧТЧ за дії компонентів слизу був на 75% вищий від контрольних значень. Показано, що компоненти слизу *H. aspersa* не чинили безпосереднього індукуючого ефекту на процес агрегації тромбоцитів, однак посилювали ефект індуктора –  $5 \times 10^{-6}$  М АДФ. Показано, що показник ступеня максимальної АДФ-індукованої агрегації зростав пропорційно кількості білкового матеріалу зі слизу *H. aspersa* в ПЗТ. Також відмічено виражений інгібуючий ефект на процес дезагрегації тромбоцитів.

Підсумовуючи отримані дані, варто відзначити, що слиз *H. aspersa* може бути перспективним джерелом біологічно активних речовин із вираженою здатністю впливати як на коагуляційну, так і на тромбоцитарну ланки системи гемостазу. Такі результати, на нашу думку, становлять практичний інтерес і потребують більш детального вивчення із залученням очищених білкових фракцій слизу.

### **Ковальчук О., Кеца О.**

#### **КСАНТИНОКСИДАЗНА АКТИВНІСТЬ У ПЕЧІНЦІ ЩУРІВ ЗА ДІЇ $\Omega$ -3 ПОЛІНЕНАСИЧЕНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ І ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, Україна  
e-mail: kovalchuk.olha@chnu.edu.ua*

**Kovalchuk O., Ketsa O. XANTHINOXIDASE ACTIVITY IN RAT LIVER UNDER THE ACTION OF  $\omega$ -3 POLYUNSATURATED FATTY ACIDS AND LASER IRRADIATION.** Xanthineoxidase (xanthine: oxygen oxidoreductase) is an enzyme that is involved of degradation of biomolecules, including the final link of purine metabolism in animals and catalyzes the oxidation reaction of hypoxanthine to xanthine and uric acid and participates in generation of superoxide anion or peroxide anion radical by oxidation of the purine substrate. And how its changes in the conditions of laser irradiation and action of  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids as hepatoprotector.

У печінці ксантиноксидаза перебуває у двох формах: оксидазній (О-форма) та дегідрогеназній (D-форма), які використовують як акцептор електронів, молекулярний кисень і  $NAD^+$ , відповідно. Оксидазна форма ксантиноксидази є одним з джерел утворення активних форм Оксигену (АФО). Дегідрогеназна форма відіграє безпосередню роль у синтезі сечової кислоти, яка є потенційним антиоксидантом, а отже, є важливим компонентом системи захисту клітин від АФО (Шмараков, 2008).

Мета роботи – дослідити ксантиноксидазну активність у гомогенаті печінки щурів за дії  $\omega$ -3 поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) та лазерного випромінювання.

Дослід проводили на білих безпородних щурах масою 130-150 г, які поділили на 5 груп: I – інтактні тварини (контроль); II – тварини, яким попередньо вводили  $\omega$ -3 ПНЖК (7 днів), після чого піддавали дії лазерного випромінювання; III – тварини, яким за 2 год до лазерного опромінення вводили  $\omega$ -3 ПНЖК; IV – тварини, яким вводили  $\omega$ -3 ПНЖК після 7-денного лазерного опромінення; V – тварини, яких опромінювали без введення  $\omega$ -3 ПНЖК. Опромінення проводили в ділянці черевної порожнини щоденно протягом 4 хв лазерним діодом довжиною хвилі 650 нм.

Загальну ксантиноксидазну активність визначали за кількістю сечової кислоти, утвореної у ксантиноксидазній реакції з гіпоксантину. Для визначення активності D-форми ензиму до субстратної суміші додавали 0,15 ммоль/л  $NAD^+$ . Активність D-форми обчислювали як різницю між активністю ензиму за наявності та за відсутності  $NAD^+$ , активність О-форми – як різницю між загальною активністю ксантиноксидази та її D-форми.

Результати проведених досліджень показали, що у тварин, яких піддавали дії лазерного випромінювання в гомогенаті печінки знижується активність D-форми ксантинооксидази та підвищується активність O-форми цього ферменту. Виявлені нами зміни активності ксантинооксидази, ймовірно, пов'язані з конформаційними перебудовами у молекулі ферменту, що ймовірно, обумовлює переважання оксидазної форми над дегідрогеназною. Підвищення утворення O-форми ксантинооксидази може супроводжуватися генерацією супероксидного аніон-радикала за лазерного випромінювання.

Для зниження деструктивного впливу лазерного випромінювання нами було застосовано  $\omega$ -3 ПНЖК у різних режимах введення. Встановлено, що найвираженіший коригувальний ефект – підвищення ензиматичної активності D-форми та зниження активності O-форми, спостерігається у групі тварин, яким спочатку вводили  $\omega$ -3 ПНЖК, після чого проводили опромінення лазерним діодом. У тварин, яким вводили  $\omega$ -3 ПНЖК одночасно з лазерним опроміненням і після закінчення опромінення підвищується активність O-форми ксантинооксидази, що вказує на низьку ефективність запропонованих схем введення.

Отже, попереднє введення  $\omega$ -3 ПНЖК перед лазерним опроміненням зумовлює переважання D-форми ксантинооксидази над O-формою, що захищає печінку від деструктивного впливу лазерного опромінення.

**Лунгул І., Волощук О.**

**ІНТЕНСИВНІСТЬ ГЕНЕРАЦІЇ АКТИВНИХ ФОРМ КИСНЮ В МІТОХОНДРІЯХ  
СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗІВ ТВАРИН ЗА УМОВ НУТРИЦІЙНОГО ДИСБАЛАНСУ**

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, Україна  
e-mail: lunhul.inna@chnu.edu.ua*

**Lunhul I., Voloshchuk O.** INTENSITY OF GENERATION OF ROS IN MITOCHONDRIA OF SKELETAL MUSCLES OF ANIMALS UNDER NUTRITIONAL IMBALANCE. Under conditions of animals restraint on diets high in sucrose and low in protein / high in sucrose, in all groups of animals there was an increase in the generation of superoxide and hydroxyl radicals. In animals kept on a low-protein / high-sucrose diet, we observed a more pronounced generation of hydroxyl radical, which exceeds the intensity of generation of superoxide radical. The established changes may be considered one of the possible mechanisms for violating the power supply under the investigated experimental conditions.

Відомо, що скелетні м'язи є головними мішенями інсуліну та відіграють важливу роль у метаболічних перетвореннях глюкози. Модуляція функціональної активності мітохондрій у м'язах пропонується як потенційний підхід до корекції ожиріння й інсулінорезистентності. Питання впливу надмірного споживання легкозасвоюваних вуглеводів на метаболічні процеси у мітохондріях м'язів залишається дискусійним і потребує детального вивчення. Оскільки активація аеробних процесів у м'язах супроводжується інтенсифікацією генерації активних форм кисню, основними з яких є гідроксильний та супероксидний радикали, мета нашої роботи – дослідити інтенсивність генерації гідроксильного та супероксидного радикалів у мітохондріях скелетних м'язів тварин за умов високосахарозного та низькопротеїнового / високосахарозного раціонів.

Дослідження проводили на трьох групах тварин: I – тварини, які отримували повноцінний раціон; II – тварини, яких утримували на високосахарозному раціоні; III – тварини, яких утримували на низькопротеїновому / високосахарозному раціоні. Інтенсивність генерації супероксидного та гідроксильного радикалів у мітохондріях скелетних м'язів визначали спектрофотометрично.

Результати проведених досліджень показали, що у тварин, яких утримували на високосахарозній дієті, інтенсивність генерації як гідроксильного, так і супероксидного

радикалів у мітохондріях скелетних м'язів зростає у понад 1,5 рази порівняно з контролем. Ймовірно, посилена генерація вільних радикалів може бути пов'язана з тим, що надлишкове споживання глюкози зумовлює посилення потоку метаболітів у дихальний ланцюг. Оскільки активні форми кисню в основному генеруються в мітохондріях, то унаслідок «втєчі» електронів, які транспортуються по електронотранспортному ланцюгу, посилюється генерація АФК.

У тварин, яких утримували на низькопротеїновому / високосахарозному раціоні, нами встановлена інтенсифікація генерації гідроксильного радикала, що перевищує показники контролю у понад 2 рази. При цьому інтенсивність генерації супероксидного радикала залишається на рівні показників групи тварин, які споживали високосахарозний раціон. Враховуючи, що попередником гідроксильного радикала є пероксид гідрогену, який у клітинах скелетних м'язів може утворюватися в інших метаболічних перетвореннях, а не лише у супероксиддисмутазній реакції, то встановлений факт є логічним. Зокрема, показано, що у скелетних м'язах джерелом пероксиду гідрогену є низка ферментів мітохондрій і монооксигеназної системи.

Отже, надмірне вживання сахарози призводить до посилення генерації активних форм кисню в мітохондріях скелетних м'язів, наслідком чого може бути посилене пошкодження та модифікація біомолекул у мітохондріях, що може призвести до порушення роботи скелетних м'язів.

**Лучик Т., Волощук О.**

#### АЛЬДЕГІДРЕДУКТАЗНА АКТИВНІСТЬ У ЦИТОЗОЛЬНІЙ ФРАКЦІЇ ПЕЧІНКИ ЩУРІВ ЗА УМОВ РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ РАЦІОНУ НУТРИЄНТАМИ

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, Україна  
e-mail: luchyuk.tetiana@chnu.edu.ua*

**Luchyuk T., Voloshchuk O.** ALDEHYDE REDUCTASE ACTIVITY IN THE CYTOSOL FRACTION OF RATS LIVER UNDER DIFFERENT NUTRITION SUPPLIES. The activity of aldehyde reductase and the content of carbonyl derivatives in the cytosolic fraction of the liver under the conditions of diet consumption with different protein and sucrose content was studied. It was shown that in animals that consumed a high-sucrose diet, there was a significant accumulation of products of oxidative modification of proteins in the cytosolic fraction on the background of increased aldehyde reductase activity. In animals that consumed a low-protein / high-sucrose diet, there was a progressive accumulation of carbonyl derivatives against the background of reduced aldehyde reductase activity.

Відомо, що посилена генерація активних форм кисню (АФО) призводить до утворення та накопичення карбонільних продуктів, серед яких альдегіди виявляють найбільш виражений цитотоксичний і генотоксичний ефект. Ендогенні альдегіди можуть слугувати своєрідними вторинними месенджерами пошкодження клітин за оксидативного стресу. Тому у клітині функціонує альдегідредуктазний шлях катаболізму ендогенних альдегідів, що забезпечує відновлення ендогенних альдегідів до спиртів. Знешкодження карбонільних метаболітів розглядається як механізм захисту клітини від альтерації за різних патологічних станів, що супроводжуються оксидативним стресом. Показано, що надмірне споживання сахарози призводить до інтенсифікації генерації АФО та індукції окисного стресу у клітинах. Тому метою роботи було визначити активність альдегідредуктази (КФ 1.1.1.21) та вмісту карбонільних похідних у цитозольній фракції печінки за умов споживання раціону з різною забезпеченістю протеїном і сахарозою.

Дослідження проводили на 4 групах тварин: I – контроль, II – тварини, яких утримували на низькопротеїновій дієті впродовж 28 днів, III – тварини, які споживали високосахарозний раціон, IV – тварини, які отримували низько протеїновий / високосахарозний раціон.

Результати проведених досліджень показали, що у тварин, які споживали низькопротеїновий раціон, спостерігається незначне підвищення вмісту карбонільних похідних у цитозольній фракції печінки, при цьому активність альдегідредуктази порівняно з контролем достовірно не змінюється. Відомо, що альдегідредуктаза бере участь у знешкодженні переважно ненасичених ендегенних альдегідів, що є продуктами окиснювальної модифікації білків. Водночас у тварин, які споживали високосахарозний раціон, виявлено достовірне накопичення продуктів окиснювальної модифікації білків у цитозольній фракції на тлі підвищення альдегідредуктазної активності. Слід відмітити, що максимально виражені зміни досліджуваних показників характерні для тварин, які споживали низько протеїновий/ високосахарозний раціон. У тварин цієї експериментальної групи спостерігається прогресивне накопичення карбонільних дериватів на тлі зниження альдегідредуктазної активності. Оскільки альдегідредуктаза є ключовим ферментом утилізації ендегенних альдегідів, зниження її активності спричинятиме накопичення аддуктів альдегідів із клітинними макромолекулами. Наслідками накопичення карбонільних дериватів протеїнів може стати їхня фрагментація та денатурація, що, ймовірно, призводитиме до порушення функціонування локалізованих у цитозолі метаболічних шляхів. Отже, накопичення альдегідних продуктів окиснювального пошкодження протеїнів на тлі зниження активності ферментів, які забезпечують їхній катаболізм, може бути в основі одного з механізмів дисфункції гепатоцитів за умов нутрієнтного дисбалансу.

**Маслакова А., Кармаш О., Люта М., Сибірна Н.**

**ВПЛИВ ФОТОБІОМОДУЛЯЦІЙНОЇ ТЕРАПІЇ НА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
Й АКТИВНІСТЬ МІЄЛОПЕРОКСИДАЗИ ЛЕЙКОЦИТІВ ЩУРІВ  
ЗА ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: a.maslakova1999@gmail.com*

**Maslakova A., Karmash O., Liuta M., Sybirna N.** INFLUENCE OF PHOTOBIO-MODULATION THERAPY ON ENERGY SUPPLY AND MYELOPEROXIDASE ACTIVITY IN LEUKOCYTES OF RATS WITH DIABETES MELLITUS. The development of diabetes mellitus and insulin deficiency causes a decrease in the energy supply of peripheral tissues. One of the causes of various complications of diabetes is the development of oxidative stress. The enhanced level of myeloperoxidase activity in blood plasma is one of the significant reasons for the increased productions of reactive oxygen species. We observed a positive effect of photobiomodulation therapy on energy supply and leukocyte function, as well as on myeloperoxidase activity. In conclusion, we recommend photobiomodulation therapy as a useful short-term concept for the relief of diabetic complications.

За даними Міжнародної діабетичної федерації, станом на 2019 рік близько 463 млн людей хворіють на цукровий діабет (ЦД). Складна етіологія ЦД та наявність важких хронічних ускладнень викликають труднощі в терапії цієї патології. У зв'язку з цим ведеться пошук нових ефективних методів лікування ЦД і його ускладнень. Цікавими є дослідження фотобіомодуляційної терапії (ФБМТ), які відкривають широкий спектр біологічної активності дії світла. Встановлено, що ФБМТ здатна активувати проліферацію клітин (Evans et al. 2008) і продукування АТФ (Chung et al. 2012).

За ЦД і нестачі інсуліну страждає енергозабезпечення периферичних тканин. Враховуючи, що у наших попередніх дослідженнях виявлено зниження концентрації глюкози у крові за опромінення тварин з ЦД (Кармаш та ін., 2018), ми вирішили перевірити стан енергозабезпечення лейкоцитів і активність мієлопероксидази (МПО) як ключового ферменту в забезпеченні неспецифічної імунної відповіді цих клітин за експериментального

цукрового діабету (індукували введенням стрептозотоцину у дозі 60 мг/кг маси тіла) та впливу ФБМТ (довжина хвилі 630-660 нм, потужність 150 мВт, тривалість опромінення 10 днів).

Активність поглинання глюкози клітинами досліджували за допомогою флюоресцентної мікроскопії з використанням барвника 2-NBDG (2-deoxy-2-((7-nitro-2,1,3-benzoxadiazol-4-yl)amino)-D-Glucose), який є флюоресцентно міченим аналогом глюкози. Вміст АТФ визначали з використанням набору «АТФ Assay Kit» (Sigma, США), активність МПО визначали спектофотометрично.

Встановлено, що за ЦД відбувається зниження поглинання глюкози лейкоцитами в 1,18 разу порівняно з контролем. За 10-денного опромінення тварин з ЦД відбувається підвищення цього показника у 1,22 разу, порівняно зі значенням у неопроміненних тварин. Також ми виявили, що за ЦД відбувається зниження вмісту АТФ у лізатах лейкоцитів у 1,4 разу порівняно із контролем, проте за опромінення тварин з ЦД відбувається підвищення цього показника у 1,5 разу порівняно з неопроміненними тваринами.

МПО є одним із ферментів, що каталізує утворення активних форм Оксигену в лейкоцитах і відіграє важливу роль у процесі респіраторного вибуху. Виявлено, що за ЦД у плазмі крові підвищується активність МПО у 2,16 разу. Опромінення тварин з ЦД спричиняло зниження цього показника у 1,63 разу, порівняно із неопроміненними тваринами з ЦД. Протилежна ситуація спостерігається у лейкоцитах. За умов ЦД ми виявили зниження активності МПО у 3,18 разу, а за дії ФБМТ – підвищення у 7,7 разу порівняно із неопроміненними тваринами з ЦД.

Згідно з отриманими результатами, ФБМТ позитивно впливає на енергозабезпечення та функціонування лейкоцитів за умов ЦД, покращуючи транспорт глюкози, підвищуючи продукцію АТФ і активність МПО.

### **Нечипоренко Б., Креницька Д.**

#### **БІЛКОВИЙ СКЛАД ПЛАЗМИ КРОВІ ЛЮДЕЙ ЗА РОЗВИТКУ ХРОНІЧНОГО ПАНКРЕАТИТУ**

*ННЦ «Інститут біології і медицини»*

*Київського національного університету імені Тараса Шевченка*

*вул. Глушкова 2, м. Київ, 02000, Україна*

*e-mail: bodkanech@gmail.com*

**Nechiporenko B., Krenytska D. PROTEIN COMPOSITION OF HUMAN BLOOD PLASMA UNDER THE DEVELOPMENT OF CHRONIC PANCREATITIS.** We have been identified changes in the protein composition of the blood plasma of people with chronic pancreatitis. The increase in the content of medium-weight molecules, as well as the presence of new protein fractions in blood plasma indicates to the pathological convenience of homeostasis that occurs due to the progression of destructive processes in the pancreas tissues.

Хронічний панкреатит (ХП) — це хронічний запальний стан, що зумовлює прогресуючі, незворотні зміни у паренхімі підшлункової залози та поступовий розвиток екзокринної та ендокринної недостатності підшлункової залози. Вивільнення за панкреатиту в системний кровотік ендотоксинів разом з білковими молекулами може призводити до розвитку ендогенної інтоксикації, що в подальшому є причиною розвитку панкреатичної енцефалопатії. Зростання активності панкреатичних ферментів у крові за панкреатиту може призводити до зміни проникності гематоенцефалічного бар'єру (ГЕБ) та як наслідок - викликати пошкодження структур головного мозку. Основна частина ендогенних токсинів належить до молекул середньої маси (МСМ), багато з яких мають нейротоксичну активність та здатні викликати зміни проникності ГЕБ. Отож, визначення білкового складу плазми дає змогу оцінювати процес зміни гемодинаміки, метаболічного статусу тощо.

У дослідженні використовували плазму крові людей. В експерименті брали участь дві групи людей. Перша група (“Контроль”) – це здорові люди, що не хворіють на хронічний панкреатит. Друга група (“ХП”) – це люди, хворі на хронічний панкреатит. Плазму крові було отримано стандартним методом. Отримання МСМ та визначення їхньої кількості у плазмі крові відбувалося за методом Ніколайчука. Аналіз кількості білка проводився методом Бредфорд. Кількість фракцій білків було визначено методом диск-електрофорезу в ПААГ із ДСН.

Під час аналізу білкового складу плазми крові людей хворих на хронічний панкреатит було встановлено, що вміст загального білка є майже незмінним порівняно зі здоровими особами ( $703,6 \pm 22,4$  мг/мл у здорових, щодо  $663,7 \pm 27,1$  мг/мл у ХП). Кількість молекул, середньої маси отриманих з плазми людей, що мають ХП, є більшою, ніж кількість МСМ, що було отримано з плазми здорових людей. Так у людей з ХП у плазмі крові спостерігається підвищення вмісту МСМ на 46 % ( $0,535 \pm 0,047$  у.о. в здорових, щодо  $1,147 \pm 0,12$  у.о. в ХП) порівняно з контрольною групою людей. Під час виділення білкових фракцій методом електрофорезу було визначено наявність в плазмі осіб, хворих на панкреатит, 8 білкових фракцій із молекулярними масами: 145, 130, 110, 105, 100, 80, 32, 40 кДа, що були відсутні під час проведення досліду з плазмою здорових осіб.

Нами було виявлено зміну білкового складу плазми, а також підвищення кількості МСМ у плазмі крові людей, хворих на ХП. Зміна білкового складу, а також підвищення відносної кількості МСМ у плазмі крові може свідчити про активні деструктивні процеси в тканині підшлункової залози, що можуть призвести до подальшого розвитку порушень системи травлення, розвитку діабету та остаточної втрати екзокринної та ендокринної функції органа.

**Петрин Т., Нагалєвська М., Сибірна Н.**

**ГІПОГЛІКЕМІЧНИЙ ЕФЕКТ СУСПЕНЗІЇ ПОРОШКОПОДІБНОГО МІЦЕЛІЮ  
ГРИБА *GANODERMA LUCIDUM* ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО  
МЕТАБОЛІЧНОГО СИНДРОМУ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

*вул. Грушевського, 4, Львів, 79005, Україна*

*e-mail: eurusvermeer@gmail.com*

**Petryn T., Nagalievskaya M., Sybirna N.** THE HYPOGLYCEMIC EFFECT OF THE SUSPENSION OF POWDERED MYCELIUM OF THE *G. LUCIDUM* FUNGUS UNDER EXPERIMENTAL METABOLIC SYNDROME. The obtained results demonstrate the corrective effect of the suspension of powdered mycelium of the *G. lucidum* fungus on carbohydrate metabolism and indicate the feasibility of using the active components of this fungus to correct and treat metabolic disorders.

Метаболічний синдром (MetS) – це комплекс взаємопов’язаних метаболічних порушень, що включає ожиріння, резистентність до інсуліну, гіпертригліцеридемію та гіперхолестеринемію на фоні зниження концентрації ліпопротеїнів високої щільності. У зв’язку зі значною поширеністю MetS актуальними є пошук і застосування нових засобів терапії цього патологічного стану. Перспективним джерелом таких засобів є лікарські гриби *Ganoderma lucidum* роду *Basidiomycete*. Полісахариди *G. lucidum* (Gl-PS) є одними з основних біологічно активних речовин цього гриба, що мають антиоксидантну, гіполіпідемічну та гіпоглікемічну активність.

Метою роботи було дослідити вплив водної суспензії порошкоподібного міцелію гриба *G. lucidum* на показники вуглеводного обміну за фруктозо-індукованого метаболічного синдрому.

Дослідження проводили на білих безпородних щурах-самцях масою тіла 250–300 г, яких утримували у стандартних умовах віварію з дотриманням загальних етичних

принципів проведення експериментів на тваринах. В експериментальних дослідженнях використовували такі групи тварин: 1) контрольні тварини; 2) контрольні тварини, яким протягом 7 діб (K+G<sup>7</sup>) та 14 діб (K+G<sup>14</sup>) вводили *per os* суспензію міцелію *G. lucidum*; 3) тварини з експериментальним MetS; 4) тварини з MetS, яким протягом 7 діб (MetS +G<sup>7</sup>) та 14 діб (MetS +G<sup>14</sup>) вводили суспензію міцелію *G. lucidum*.

Введення *G. lucidum* тваринам з MetS протягом 7 діб та 14 діб не зумовлювало значних змін маси тіла тварин. Концентрація глюкози збільшилась на 10,3 (MetS +G<sup>7</sup>) та 4,3 % (MetS +G<sup>14</sup>) на фоні зниження вмісту глікозильованого гемоглобіну на 41,2 (MetS +G<sup>7</sup>) та 66,1 % діб (MetS +G<sup>14</sup>), щодо тварин з експериментальним MetS. Застосування досліджуваного препарату протягом 14 діб зумовлює нормалізацію толерантності до глюкози у тварин з експериментальним метаболічним синдромом.

Отримані результати демонструють коригуючий вплив суспензії порошкоподібного міцелію гриба *G. lucidum* на показники вуглеводного обміну та вказують на доцільність використання активних компонентів цього гриба з метою корекції гіперглікемії, що супроводжує розвиток MetS.

**Писанчин О., Нагалєвська М., Сибірна Н.**

**ВПЛИВ ВОДНОГО ЕКСТРАКТУ ЛИСТЯ ЯКОНА  
НА СТАН АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ КЛІТИН ПЕЧІНКИ ЩУРІВ  
З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ МЕТАБОЛІЧНИМ СИНДРОМОМ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів, 79005, Україна  
e-mail: pysanchyn862@gmail.com*

**Pysanchyn O., Nagalevska M., Sybirna N. EFFECT OF WATER EXTRACT OF YACON LEAVES ON THE STATE OF ANTIOXIDANT SYSTEM OF RAT LIVER CELLS WITH EXPERIMENTAL METABOLIC SYNDROME.** The use of yacon extract in rats with metabolic syndrome caused an increase in the activity of catalase, superoxide dismutase and glutathione peroxidase compared with metabolic syndrome.

Метаболічний синдром (МС) – це стан організму людини, що визначається наявністю патогенетично взаємопов'язаних метаболічних розладів вуглеводного і ліпідного обмінів, який характеризується порушенням толерантності до глюкози, гіперінсулінемією, підвищенням рівня тригліцеридів, зниженням рівня ліпопротеїнів високої густини, абдомінальним ожирінням і артеріальною гіпертензією.

Печінка є центральним органом обміну речовин, у якому інтенсивно відбуваються окисно-відновні процеси. Відомо, що метаболічний синдром супроводжується надмірною генерацією активних форм кисню, які здатні ініціювати реакції ланцюгового окиснення ліпідів, а це призводить до руйнування клітинних мембран печінки. Баланс вмісту активних форм кисню регулюється завдяки наявності системи антиоксидантного захисту, що включає низку ферментів: супероксиддисмугази, каталазу та глутатіонпероксидазу.

Метою роботи було дослідити вплив водного екстракту листя якона (*Smallanthus sonchifolius* Роерр. & Endl.) на систему антиоксидантного захисту клітин печінки щурів за метаболічного синдрому.

Для дослідження використовували листя якона, з яких виготовляли водний екстракт шляхом мацерації, який згодом фільтрували й упарювали у вакуумі. Водний екстракт вводили тваринам *per os* протягом 7 та 14 діб за допомогою зонда у дозі 500 мг/кг маси тіла тварини. Для дослідження використовували такі групи тварин: контрольні тварини; тварини з експериментальним МС; тварини з МС, яким протягом 7 діб (M + Y<sup>7</sup>) та 14 діб (M + Y<sup>14</sup>) вводили екстракт листя якона.

У тварин з МС було відмічено зниження активності каталази на 30,62 %, супероксиддисмугази на 30 % та глутатіонпероксидази на 20,89 %. Введення екстракту

якона тваринам з МС зумовлювало підвищення активності каталази на 18,41 % (М + Y<sup>7</sup>) та 31,67 % (М + Y<sup>14</sup>), супероксиддисмутази на 17,02 % (М + Y<sup>7</sup>) та 36,52 % (М + Y<sup>14</sup>) і глутатіонпероксидази на 13,51 % (М + Y<sup>7</sup>) та 30,14 % (М + Y<sup>14</sup>) порівняно з МС. Встановлені зміни свідчать про антиоксидантні властивості листя якона та вказують на потенційну можливість застосування рослини для виробництва харчових концентратів і лікарських засобів для терапії метаболічного синдрому.

### **Пророчук І., Кеца О.**

#### **ПЕРОКСИДНЕ ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ У МІКРОСОМНІЙ ФРАКЦІЇ ПЕЧІНКИ ЩУРІВ ЗА ДІЇ $\omega$ -3 ПОЛІЕНАСИЧЕНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ І ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ**

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, Україна  
e-mail: prorochuk.iryana@chnu.edu.ua*

**Prorochuk I., Ketsa O. PEROXIDATION OF LIPIDS IN THE MICROSOMAL FRACTION OF RAT LIVER UNDER THE ACTION OF  $\omega$ -3 POLYUNSATURATED FATTY ACIDS AND LASER IRRADIATION.** The study is devoted to the study of the activity of lipid peroxidation (LPO) processes under the action of omega-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) and laser irradiation. Lipid peroxidation is a chain process of oxidative degradation of lipids, primarily polyunsaturated fatty acids, which occurs with the participation of free radicals. It is established that under the action of laser irradiation the activity of LPO processes increases. At the same time, there is a decrease in LPO activity in animals injected with  $\omega$ -3 and irradiated. The recorded decrease can be explained by the action of  $\omega$ -3 PUFA, which inhibit free radical processes and strengthen the enzymatic link of antioxidant protection.

У наш час опромінення лазером активно використовують для лікування різних хвороб, у першу чергу діабету, серцево-судинних захворювань і пухлин (Shurygina, 2020). Одним із можливих механізмів дії лазерного опромінення на клітини печінки й організму в цілому є утворення вільних радикалів, які активують процес пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) (Bavtina, 2015). Активні форми кисню в організмі насамперед атакують поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), спричиняючи утворення різноманітних первинних і вторинних продуктів, які виконують важливі фізіологічні функції (Ketsa, 2014). Важливою умовою стабільності й нормального функціонування мембран є стаціонарність процесу ПОЛ, оскільки за його надмірної активності змінюється жирнокислотний склад мембран, її фізико-хімічні властивості, а також активність мембранозв'язаних ферментів (Кукоба, 2005).

Мета роботи – дослідити інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів у мікросомній фракції печінки щурів за дії  $\omega$ -3 поліненасичених жирних кислот і лазерного опромінення.

Дослідження проводили на білих щурах масою 130–150 г, яких поділили на п'ять груп: I – контроль; II – щури, яким вводили  $\omega$ -3 ПНЖК, з подальшим лазерним опроміненням; III – щури, яких опромінювали і вводили  $\omega$ -3 ПНЖК паралельно; IV – тварини, яких опромінювали, після чого вводили  $\omega$ -3 ПНЖК; V – щури, яких опромінювали лазером без введення  $\omega$ -3 ПНЖК. Лазерне опромінення проводили лазерним діодом довжиною хвилі 650 нм в ділянку черевної порожнини на відстані 10 см від поверхні шкіри. Інтенсивність процесів ПОЛ у мікросомній фракції печінки оцінювали за визначенням вмісту первинних (кетодієнів і спряжених трієнів), вторинних (дієнових кон'югатів, малонового діальдегіду) та кінцевих (шифових основ) продуктів.

Результати проведених досліджень показали, що за дії лазерного опромінення активність ПОЛ у мікросомній фракції печінки суттєво зростає. Встановлено, що у групах, яким вводили  $\omega$ -3 ПНЖК паралельно та після лазерного опромінення, активність ПОЛ нижча порівняно з опроміненими щурами без введення  $\omega$ -3 ПНЖК, але вища за показники

контролю. Водночас у групі тварин, яким вводили  $\omega$ -3 перед опроміненням, вміст продуктів ПОЛ мало відрізнявся від контрольної групи. Такі результати пов'язані з тим, що при посиленому надходженні  $\omega$ -3 ПНЖК в організм відбувається заміна жирнокислотного складу мембран – зростає частка  $\omega$ -3 ПНЖК, які є стійкими до окиснення. Тому зафіксоване зниження активності ПОЛ можна пояснити дією  $\omega$ -3 ПНЖК, які підвищують стійкість до окиснення через пригнічення вільнорадикальних процесів і посилення ферментативної ланки антиоксидантного захисту.

Отже, введення  $\omega$ -3 ПНЖК інгібує процес ПОЛ, інтенсивність якого зростає за дії лазерного опромінення.

### **Пулю Л.-О., Николайчук І.**

#### **АКТИВНІСТЬ ЕНЗИМНИХ СИСТЕМ ЦИТОХРОМУ P-450 У ПЕЧІНЦІ ЩУРІВ ЗА УМОВ ДИСБАЛАНСУ НУТРИЄНТІВ У ХАРЧОВОМУ РАЦІОНІ**

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, Україна  
e-mail: puyu.laura-oleksandra@chnu.edu.ua*

**Puiu L.-O., Nykolaichuk I. THE ACTIVITY OF CYTOCHROME P450 SYSTEMS IN RATS' LIVER UNDER NUTRITIONAL IMBALANCE IN DIET.** Lack of protein in the diet is a key factor in reducing the reactions of N-demethylation of cytochrome P-450, while the consumption of excess sucrose leads to increased p-hydroxylase and N-demethylase activities, indicating increased induction of cytochrome P-450.

Сьогодні нестачу харчового протеїну в раціоні, що асоціюється з обмеженим надходженням білків, їхньою низькою біологічною цінністю (Daujat-Chavanier, 2020), дефіцитом есенціальних амінокислот, активним використанням соєвих текстуратів, популяризацією веганського способу життя (Kalantar-Zadeh, 2019) компенсують надлишковим споживанням легкозасвоюваних вуглеводів та продуктів з високим глікемічним індексом (Kurita, 2019). В експериментальних дослідженнях останніх років (Flister, 2018) зазначено, що споживання надмірної кількості сахарози супроводжується розвитком гіперглікемії, а з часом – інсулінорезистентності, й розглядається як пусковий механізм формування метаболічного синдрому (Ranjbar, 2020) та/або жирової дистрофії печінки (Baiges-Gaya, 2021).

Метаболічні порушення, що виникають на тлі нутрієнтного дисбалансу, часто пов'язані з накопиченням патологічно високих концентрацій ендотоксинів, у детоксикації яких провідну роль відіграє монооксигеназна система цитохрому P-450 (Cho, 2019). Попередніми дослідженнями наукової групи (Копильчук, 2014) встановлено, що за умов аліментарної депривації протеїну відбувається зниження активності глутатіон-S-трансферази – ключового ензиму II фази біотрансформації та вмісту відновленого глутатіону. Однак відкритим на сьогодні залишається питання щодо активності ензимних систем цитохрому P-450 за умов дисбалансу макронутрієнтів у харчовому раціоні.

Мета роботи – дослідження *p*-гідроксиславної та *N*-деметилясної активностей цитохрому P-450 в мікосомальній фракції клітин печінки щурів за умов різного забезпечення харчового раціону протеїном і сахарозою.

Напівсинтетичні раціони для тварин моделювали відповідно до рекомендацій *American Institute of Nutrition* (Reeves, 1993). Контрольна група щурів споживала раціон, збалансований за всіма нутрієнтами. З метою створення аліментарної депривації протеїну щури отримували низькопротеїновий раціон, що містив 1/3 добової потреби білка (Корупчук, 2014). Дієту з високим вмістом сахарози моделювали відповідно до рекомендацій (Fernandes-Lima, 2015). 4-та група тварин на тлі нестачі харчового протеїну споживала надмірну кількість сахарози.

Результати проведених нами досліджень засвідчують різноспрямовані зміни активностей цитохрому P-450 за умов дисбалансу нутрієнтів у харчовому раціоні. Так,

у протеїнодефіцитних щурів спостерігається зниження *N*-деметилазної активності в мікосомальній фракції печінки без достовірних змін реакцій гідроксилювання порівняно з показниками контролю. Вірогідно, це пов'язано з порушенням утворення комплексу “ензим-субстрат I типу” за взаємодії гідрофобної ділянки апоензиму з неполярним субстратом унаслідок модифікації амінокислотних залишків оксигеновмісними радикалами (Gordeziani, 2012), що підтверджується посиленою генерацією супероксиду за даних експериментальних умов. Водночас за умов споживання високосахарозного раціону незалежно від кількості протеїну нами зареєстровано підвищення *p*-гідроксилазної та *N*-деметилазної активностей, що вказує на посилену індукцію цитохрому P-450, зокрема, “діабетичної” ізоформи CYP2E1.

Отже, нестача протеїну в харчовому раціоні виступає ключовим чинником зниження реакцій *N*-деметилування цитохрому P-450, тоді як споживання надлишку сахарози призводить до підвищення *p*-гідроксилазної та *N*-деметилазної активностей, що вказує на посилену індукцію цитохрому P-450.

**Рачковська А., Креницька Д.**

### КІЛЬКІСНИЙ СКЛАД МАТРИЧНИХ МЕТАЛОПРОТЕІНАЗ У СЕРЦІ ЩУРІВ ЗА РОЗВИТКУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ГІПЕРГОМОЦИСТЕІНЕМІЇ

*ННЦ «Інститут біології і медицини»*

*Київського національного університету імені Тараса Шевченка*

*вул. Глушкова 2, м. Київ, Україна, 02000*

*e-mail: tonia01128@gmail.com*

**Rachkovska A., Krenytska D.** THE QUANTITATIVE COMPOSITION OF MATRIX METALLOPROTEINASES IN THE HEART OF RATS DURING THE DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL HYPERHOMOCYSTEINEMIA. Elevated levels homocysteine, known as hyperhomocysteinemia (HHcy), cause of development different diseases including cardiovascular. Our research is aimed at determining the effect of HHcy on the level of matrix metalloproteinases (MMP) in the heart of rats. An increase in the levels of MMP-2, -3, -10 was found in heart homogenates. Further studies of changes in the MMP of rats tissues homogenates with experimental HHcy will help to find a better understanding of biochemical processes of this pathology which is important in development of new approaches in diagnosis and HHcy treatment principles.

Гіпергомоцистеїнемія (ГГЦ) – патологія, зумовлена аномально високим рівнем гомоцистеїну у крові, більше 15 мкмоль/л. Доведено зв'язок підвищеного вмісту гомоцистеїну зі серцево-судинними захворюваннями, ожирінням, захворюваннями нирок, неврологічними патологіями: розладами аутистичного спектра і синдромом дефіциту уваги та гіперактивності. ГГЦ викликає збільшення формування активних форм оксигену, що призводить до активації матричних металопротеїназ (ММП), які відіграють ключову роль у ремоделюванні судин, оскільки гідролізують білки позаклітинного матриксу. Порушення їхньої активності призводить до зміни співвідношення білків у екстрацелюлярному просторі. Кількісні характеристики ММП у серці, викликані підвищеним вмістом гомоцистеїну у крові, можуть бути використані для діагностики серцево-судинних патологій.

Модель хронічної ГГЦ створювали шляхом введення D,L-тіолактон гомоцистеїну гідрохлориду (Acros Organics, Італія) в дозі 200 мг/кг маси тіла внутрішньошлунково на 1 % розчині крохмалю (1 мл / 100 г маси щура) 1 раз на добу упродовж 8 тижнів. Одномісячних щурів розподіляли на 2 групи по 7 особин в кожній: 1 – контроль, 2 – дослід. Гомогенізацію тканини серця здійснювали у 0,05 М Трис-НСІ буфері, рН 7,4, співвідношення серце : буфер становило 1 : 10. Гомогенат центрифугували за 3 000 об/хв протягом 15 хв. Надосадову рідину відбирали і використовували для експерименту. Кількісне визначення вмісту ММП

у гомогенаті серця проводили за допомогою методу Elisa. Білок вимірювали методом Бредфорда.

Встановлено, що у щурів з експериментальною ГГЦ спостерігається підвищення вмісту ММП-2 у серці на 17 % порівняно з контролем. Із даних літератури відомо, що зростання вмісту ММП-2 у серці пов'язано зі зниженням його активності у щурів з ГГЦ. У результаті розвивається інтерстиціальний та переваскулярний фіброз серця, гіпертрофія кардіоміоцитів. У щурів спостерігається зростання вмісту стромелізинів – ММП -3, -10 у серці на 22% за ГГЦ, порівняно з контрольною групою. У літературі існують дані про те, що підвищений вміст гомоцистеїну призводить до високих концентрацій ММП-3 у плазмі, внаслідок чого розвивається аневризма черевної аорти. Кореляція вмісту гомоцистеїну та ММП-10 потребує подальших досліджень, але підтверджено, що високий вміст ММП-10 у крові призводить до кальцифікації аортального клапана і розвитку стенозу аорти.

Нами виявлено кількісні зміни вмісту ММП у серці за розвитку експериментальної ГГЦ у щурів. Ми припускаємо, що серцево-судинні захворювання за ГГЦ спричинені кількісним зростанням вмісту ММП у серці. Це може бути використано для діагностики даних патологій, але для встановлення механізмів впливу високих концентрацій гомоцистеїну на вміст ММП у серці й розвиток супутніх хвороб необхідно провести додаткові дослідження.

**Розлуцька В.-М., Нагалєвська М., Сибірна Н.**

**ЗАСТОСУВАННЯ СУСПЕНЗІЇ ПОРОШКОПОДІБНОГО МІЦЕЛІУ ГРИБА  
*GANODERMA LUCIDUM* ДЛЯ КОРЕКЦІЇ ЗМІН ОКРЕМИХ ГЕМАТОЛОГІЧНИХ  
ПОКАЗНИКІВ КРОВІ ЩУРІВ З МЕТАБОЛІЧНИМ СИНДРОМОМ**

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

**Rozlutska V.-M., Nagalievskia M., Sybirna N.** THE USE OF SUSPENSION *Ganoderma lucidum* MYCELIUM POWDER FOR CORRECTION OF CHANGES IN SOME HEMATOLOGICAL INDICATORS OF RAT BLOOD WITH METABOLIC SYNDROME. The use of the mycelium of the fungus *G. lucidum* for the treatment of metabolic syndrome is accompanied by the normalization of the number of erythrocytes and hemoglobin content in the peripheral blood of rats.

Метаболічний синдром (MetS) - це сукупність факторів ризику серцево-судинних захворювань, які включають інсулінорезистентність, абдомінальне ожиріння, дисліпідемію, гіпертонію та гіперглікемію. Метаболічний синдром підвищує ризик розвитку цукрового діабету 2 типу, перешкоджаючи регуляторному впливу інсуліну на метаболізм глюкози, ліпідів і білків.

Перспективним напрямом у пошуку засобів терапії метаболічного синдрому є використання медичного гриба *Ganoderma lucidum*. Протеоглікани, виділені з плодових тіл *G. lucidum*, мають гіпоглікемічну та антигіперліпідемічну дію, що вказує на доцільність їхнього використання у терапії метаболічного синдрому.

Мета роботи – проаналізувати вплив суспензії міцелію гриба *G. lucidum* на гематологічні показники щурів при метаболічному синдромі.

Дослідження проводили на білих безпородних щурах-самцях масою тіла 250–300 г, яких утримували у стандартних умовах віварію з дотриманням загальних етичних принципів проведення експериментів на тваринах. Для індукування метаболічного синдрому у щурів використовували 10 % розчин фруктози, яку тварини споживали замість питної води. Тварини були поділені на групи: 1) контрольні тварини; 2) контрольні тварини, яким протягом 14 діб (K+G<sup>14</sup>) вводили *per os* суспензію порошкоподібного міцелію *G. lucidum*; 3)

тварини з експериментальним MetS; 4) тварини з MetS, яким протягом 14 діб (MetS +G<sup>14</sup>) вводили досліджувану суспензію.

Встановлено, що розвиток метаболічного синдрому у щурів супроводжувався збільшенням кількості еритроцитів на 44,02 %, та зменшенням концентрації гемоглобіну на 5,67 %, порівняно з контролем. За введення водної суспензії міцелію *G. lucidum* тваринам контрольної групи відмічено зростання кількості еритроцитів на 18,30 %, а концентрації гемоглобіну – на 18,70 %. У тварин з експериментальним MetS, які протягом двох тижнів споживали суспензію досліджуваного гриба, встановлено зниження кількості еритроцитів на 65,11 % і зростання концентрації гемоглобіну на 16,2 % щодо тварин з MetS.

Таким чином, застосування міцелію гриба *G. lucidum* з метою терапії метаболічного синдрому, супроводжується нормалізацією кількості еритроцитів і вмісту гемоглобіну в периферичній крові.

### **Самуляк О., Кеца О.**

#### **ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ ТА $\omega$ -3 ПОЛІНЕНАСИЧЕНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ НА ПОКАЗНИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ НИРОК ЩУРІВ**

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

*вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, Україна*

*e-mail: samuliak.olesia@chnu.edu.ua*

**Samuliak O., Ketsa O. INFLUENCE OF LASER IRRADIATION AND  $\omega$ -3 POLYUNSATURATED FATTY ACIDS ON RATAL KIDNEY FUNCTIONAL STATUS INDICATORS.** The influence of laser irradiation and  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids on the content of creatinine in blood plasma as a marker functional state of the kidneys of rats was investigated in this work. Irradiation of rats was carried out with a laser diode in red range spectrum (wavelength 650 nm) with a power of 50 mW through the skin in area of the abdominal cavity. It is shown, that under the action of laser irradiation in blood plasma of rats decreased creatinine concentration, which is a consequence of impaired creatinine synthesis in the body. It is established that the introduction of  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids exhibits corrective effect on the kidneys under the conditions of laser irradiation.

У механізмах дії лазерного опромінення на організм характерними є зміни у тканинах безпосередньо в місцях опромінення та неспецифічні зміни у всьому організмі, наслідки яких можуть проявлятися у вигляді різноманітних функціональних порушень рефлекторного характеру. На сьогоднішній день залишається актуальним розкриття механізмів дії використання біологічних регуляторів із метою корекції впливу лазерного опромінення на організм. У даному випадку таким біорегулятором є  $\omega$ -3 поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), які здатні регулювати різні метаболічні шляхи в організмі. Одним із органів, який найбільше реагує на вплив лазерного опромінення, є нирки.

Метою роботи було дослідити вміст креатиніну в плазмі крові як основного показника функціонального стану нирок за дії лазерного опромінення та корекції  $\omega$ -3 ПНЖК.

Дослідження проводили на білих безпородних щурах масою 120–150 г, яких утримували на звичайному харчовому раціоні віварію. Щурів опромінювали лазерним діодом у червоному діапазоні спектра (довжина хвилі 650 нм) потужністю 50 мВт крізь шкіру в ділянку червоної порожнини щоденно протягом 4 хв. Для корекції ймовірної негативної дії лазера тваринам вводили  $\omega$ -3 ПНЖК до, під час і після опромінення.

Результати досліджень дали змогу встановити, що у групи щурів, яким паралельно з лазерним опроміненням вводили  $\omega$ -3 ПНЖК, знижувався вміст креатиніну в плазмі крові у 2 рази порівняно з інтактною групою тварин на 14-ту добу експерименту. Зниження рівня креатиніну в плазмі крові є наслідком порушення його синтезу в печінці за дії лазерного

опромінення, оскільки креатинін – це кінцевий продукт розпаду креатину, який розпочинає свій синтез у печінці та надходить до м'язів, звідки вивільняється та потрапляє із плином крові до нирок. Тому встановлені зміни свідчать про порушення синтезу креатиніну в організмі тварин.

У групі тварин, яких спочатку опромінювали лазерним діодом протягом 14-ти днів, а потім вводили 7 днів  $\omega$ -3 ПНЖК, спостерігається підвищення рівня креатиніну в плазмі крові порівняно з інтактними тваринами. Імовірно, лазерне опромінення негативно впливає на функціонування нирок, у результаті чого порушується їхня фільтраційна функція і креатинін не виводиться з організму. Найбільший коригувальний ефект  $\omega$ -3 ПНЖК проявляють за умов їхнього попереднього введення до початку опромінення, оскільки рівень креатиніну у плазмі крові не відрізняється від показників контролю.

Отже, лазерне опромінення призводить до зниження рівня креатиніну в плазмі крові. Попереднє, перед лазерним опроміненням, введення  $\omega$ -3 ПНЖК здійснює коригувальний вплив на функціонування нирок і печінки, про що свідчить нормалізація концентрації креатиніну в плазмі крові.

**Сербін А., Комар Ю., Коваль Т., Андрійчук Т.**

**ПРОТЕОЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ У ПЕЧІНЦІ ТА НИРКАХ ЩУРІВ  
ЗА РОЗВИТКУ ХРОНІЧНОЇ АЛКОГОЛЬНОЇ ІНТОКСИКАЦІЇ**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

*ННЦ «Інститут біології та медицини»*

*просп. Акад. Глушкова, 2, м. Київ, 03022, Україна*

*e-mail: mryamahabass@gmail.com*

**Serbin A., Komar Y., Koval T., Andriichuk T. PROTEOLYTIC ACTIVITY IN RAT LIVER AND KIDNEY DURING THE DEVELOPMENT OF CHRONIC ALCOHOL INTOXICATION.** We have shown an increase in total proteolytic activity and activity of metalloproteinases in the liver of rats with the development of chronic alcohol intoxication. Serine proteinase activity varied during the acute phase of intoxication. In the kidneys increase all studied indicators of proteolytic activity was observed on the third day of the experiment.

За даними ВООЗ, проблема зловживання спиртними напоями залишається досить актуальною на сьогодні. Етанол може проникати майже в усі тканини організму, що призводить до значних супутніх наслідків. Протеоліз як система утилізації, перебудови та метаболізму білків має прямий чи опосередкований зв'язок із впливом етанолу та його метаболітів. Оскільки зміни протеолітичної активності можуть свідчити про порушення в організмі, їхнє детальне вивчення дасть змогу розширити наші уявлення про механізми даного патогенезу. Хоча на сьогодні багато відомо про вплив алкоголю на протеолітичні системи, значний спектр питань лишається нез'ясованим або наявні дані мають суперечливий характер. Отже, метою нашої роботи було дослідити протеолітичну активність у печінці та нирках щурів за хронічної алкогольної інтоксикації.

Експеримент відтворювали на білих нелінійних щурах самцях масою 180-200 г з дотриманням усіх стандартів Конвенції ради Європи з біоетики. Розвиток експериментальної хронічної інтоксикації було здійснено згідно з методом Халілова (Халілов, 1983). Отримання матеріалу для дослідження здійснювали загальноприйнятими методами (Меньшиков, 1987) через 1, 3, 7, 11, 21 та 28 днів від початку експерименту. Загальну протеолітичну активність визначали казеїнолітичним методом (Hummel, 1959) з модифікаціями. Для визначення активності металопротеїназ і серинових протеїназ до реакційної суміші додавали 0,2 моль/л ЕДТА чи ПМСФ.

За дослідження загальної протеолітичної активності в печінці на 3-тю добу експерименту ми спостерігали підвищення показника на 90 % відносно контролю.

Активність металопротеїназ у вказаний термін підвищувалася на 60 %, а серинових протеїназ – на 95 %. На 7-му та 11-ту доби загальна протеолітична активність і активність металопротеїназ були вищими за контрольні значення в середньому на 25-30 %. На 21-шу та 28-му доби обидві протеолітичні активності перебували у межах контрольних показників. Активність серинових протеїназ на 7-му добу експерименту була на 35 % вищою за контроль, але у подальші терміни часу вона знижувалася до контрольних показників.

Дослідження протеолітичної активності у нирках показало підвищення на 3-тю добу експерименту загальної протеолітичної активності на 22 %, а активність металопротеїназ і серинових протеїназ зростала в середньому на 11 % щодо контролю. В інші терміни часу суттєвих змін показників не відбувалося.

Отже, за хронічної алкогольної інтоксикації ми спостерігали підвищення загальної протеолітичної активності й активності металопротеїназ у печінці починаючи з 3-ї доби експерименту. Після відміни алкоголю показники поверталися до контролю. Активність серинових протеїназ підвищувалася лише за гострої фази інтоксикації. У нирках достовірні зміни протеолітичної активності спостерігали тільки на 3-тю добу дослідження.

Отримані результати можуть бути передумовою для більш детального дослідження процесів протеолізу в тканинах щурів за розвитку хронічної алкогольної інтоксикації.

**Урсатий М., Волощук О., Копильчук Г.**

#### СПІВВІДНОШЕННЯ РЕДОКС-ФОРМ УБІХІНОНУ В МІТОХОНДРІЯХ НИРОК ЩУРІВ ЗА УМОВ РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ РАЦІОНУ НУТРИЄНТАМИ

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, Україна  
e-mail: ursatyi.mariia@chnu.edu.ua*

**Ursatyi M., Voloshchuk O., Kopylchuk G.** THE RATIO OF UBIQUINON REDOX FORMS IN THE RAT KIDNEY MITOCHONDRIA UNDER CONDITIONS OF DIFFERENT NUTRIENT SUPPLY. The aim of work was to study the content of total ubiquinone and the ratio of its redox forms in the mitochondria of the kidneys of rats under conditions of different supply of protein and sucrose in the diet. It was found that the most pronounced decrease in the content of total ubiquinone and the redistribution of its redox forms (a decrease in the content of reduced ubiquinone by half against the background of an increase in the content of oxidized ubiquinone by 1.5 times) in kidney mitochondria is observed in animals fed a diet with a high content of sucrose against the background of alimentary deprivation protein. The established changes can be considered as prerequisites for the development of renal mitochondrial dysfunction under the studied conditions.

Нині питання харчової безпеки є актуальним і належить до основних глобальних проблем людства, оскільки незбалансоване та нераціональне харчування вважається одним з визначальних факторів розвитку цілої низки метаболічних розладів. Особливої актуальності набуло питання механізмів формування метаболічних порушень у нирках за умов нутрієнтного дисбалансу. Відомо, що у забезпеченні функціональної активності нирок ключову роль відіграють мітохондрії, дисфункція яких у першу чергу призводить до порушення реабсорбційної та фільтраційної здатності нирок, що лежить в основі патогенезу багатьох захворювань. Функціональна активність нирок значною мірою визначається ефективністю роботи системи енергозабезпечення, важливим показником якої вважається убіхінон (коензим Q, CoQ). Відомо, що коензим Q не тільки транспортує електрони від I та II комплексів дихального ланцюга до системи цитохромів, але й відіграє визначальну роль в антиоксидантному захисті мітохондрій. У дослідженнях використовували чотири групи тварин: I – контроль; II – тварини, яких утримували на низькопротеїновому раціоні; III –

тварини, яких утримували на високосахарозному раціоні; IV – тварини, яких утримували на низькопротеїновому/високосахарозному раціоні.

У результаті проведених досліджень показали, що в мітохондріях нирок щурів за умов споживання низькопротеїнового раціону спостерігається зниження вмісту загального убіхінону на 20 % порівняно з контролем. Отриманий факт, імовірно, пов'язаний з порушенням синтезу бензохінонового кільця молекули убіхінону на тлі нестачі харчового протеїну в раціоні, оскільки відомо, що попередником синтезу коензиму Q слугує амінокислота тирозин. Окрім того, за даних експериментальних умов, спостерігається підвищення вмісту окисненої форми убіхінону на тлі одночасного зниження вмісту його відновленої форми. Водночас за умов утримання тварин на високосахарозному раціоні в мітохондріях нирок спостерігається перерозподіл редокс-форм убіхінону, зокрема, зниження вмісту відновленого убіхінону та зростання вмісту окисненого убіхінону, на тлі збереження його загального вмісту. Ймовірно, за умов розвитку окисного стресу, що спостерігається за гіперглікемії, зниження вмісту убіхінолу пов'язане з його участю в реакціях антиоксидантного захисту. Слід відмітити, що у тварин, які споживали низькопротеїновий/високосахарозний раціон, зафіксовано максимально виражене зниження вмісту загального убіхінону за одночасного зниження вмісту відновленого убіхінону вдвічі та підвищення рівня окисненого убіхінону в 1,5 рази, порівняно з контролем.

Отже, споживання раціону з високим вмістом сахарози на тлі аліментарної депривації протеїну супроводжується перерозподілом редокс-форм убіхінону та зниженням його загального вмісту, що може розглядатись як передумови розвитку дисфункції мітохондрій нирок із подільшим порушенням їхньої функціональної активності.

**Фуртак Х., Гачкова Г., Сибірна Н.**

**ВМІСТ РЕЦЕПТОРІВ КІНЦЕВИХ ПРОДУКТІВ ГЛІКАЦІЇ У МЕМБРАНАХ  
ЛЕЙКОЦИТІВ ЩУРІВ ЗА УМОВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ  
ТА ЗА ВВЕДЕННЯ ЕКСТРАКТУ КОЗЛЯТНИКА ЛІКАРСЬКОГО**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: Khrystyna.Furtak@lnu.edu.ua*

**Furtak K., Hachkova H., Sybirna N.** CONTENT OF THE RECEPTORS FOR ADVANCED GLYCATION END PRODUCTS IN LEUKOCYTES MEMBRANES UNDER THE CONDITION OF EXPERIMENTAL DIABETES MELLITUS AND UNDER ADMINISTRATION OF GALEGA OFFICINALIS EXTRACT. The impact of alkaloid-free fraction of *Galega officinalis* extract on the content of receptors for advanced glycation end products (RAGEs) of membranes of rat peripheral blood leukocyte was studied at normal and experimental induced diabetes conditions. The regulative effect of the studied extract on the content of RAGE products in rats' leukocytes under diabetes mellitus was shown.

За умов цукрового діабету посилюються процеси неензиматичного глікозилювання (глікації). Глікації піддаються біомолекули, у складі яких є вільна аміногрупа. Унаслідок взаємодії редуруючих моносахаридів і активних карбонільних сполук з біомолекулами, у клітині накопичуються кінцеві продукти глікації (advanced glycation end products, AGEs), які є адуктами протеїнової, ліпідної або нуклеїнової природи (Cho, 2007; Ahmed, 2005). AGEs взаємодіють із відповідними рецепторами (receptor for advanced glycation end products, RAGEs), експресія яких підвищується за умов гіперглікемії (Singh, 2014; Ahmed, 2005). Активація RAGEs супроводжується змінами внутрішньоклітинного сигналювання, експресії генів, підвищенням виділення прозапальних молекул і вільних радикалів та сприяє розвитку діабетичних ускладнень (Wautier, 2001).

Козлятник лікарський (*Galega officinalis* L.) відомий своїми гіпоглікемічними й антиоксидантними властивостями (Khokhla, 2010; Лупак, 2015). Проте вміст токсичних

алкалоїдів у складі цієї лікарської рослини унеможливило її застосування в терапевтичних кількостях. Використовуючи метод фракціонування етанольного екстракту козлятника лікарського ми отримали фракцію, позбавлену алкалоїдів і не токсичну (Хохла та ін., 2013; Сибірна, та ін. 2015).

Метою роботи було дослідити вплив безалкалоїдної фракції екстракту козлятника лікарського (БФЕКЛ) на вміст рецепторів кінцевих продуктів глікації у мембранах лейкоцитів щурів за умов експериментального цукрового діабету (ЕЦД).

ЕЦД індукували внутрішньочеревним введенням стрептозоцину (Sigma, США) з розрахунку 6,5 мг (у 10 мМ цитратному буфері, рН 5,5) на 100 г маси тіла тварини. Через два тижні після індукції цукрового діабету, тваринам раз на добу *per os* вводили БФЕКЛ у дозі 0,6 г на 1 кг маси тіла тварини, впродовж 14 діб.

Імуноцитохімічним методом встановлено значне збільшення вмісту рецепторів кінцевих продуктів глікації у лейкоцитах периферичної крові щурів за умов ЕЦД, про що свідчить підвищення кількості клітин (у 3,3 разу) із різко позитивною (RAGEs<sup>++</sup>) реакцією на наявність цього протеїну, порівняно з контролем. Введення БФЕКЛ тваринам з ЕЦД призводило до зниження кількості клітин із позитивною (на 20,5 %) та різко позитивною реакцією (на 76,8 %) на вміст RAGEs щодо діабету. У тварин контрольної групи, яким вводили БФЕКЛ, встановлено зменшення кількості RAGEs<sup>+</sup>-клітин на 31,1 % на фоні підвищення кількості клітин з негативною реакцією на досліджуваний протеїн.

Отримані дані дають підстави зробити висновок про коригуючий вплив БФЕКЛ на вміст рецепторів кінцевих продуктів глікації у мембранах лейкоцитів периферичної крові щурів за ЕЦД.

### Цупко Н.

#### ВМІСТ БІЛКА В БІОЛОГІЧНОМУ МАТЕРІАЛІ РИБ (*CYPRINUS CARPIO LINACCUS*) ЗА УМОВ ТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ

Національний Університет «Чернігівський колегіум» ім. Т. Г. Шевченка  
вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, 14000, Україна  
e-mail: Adzhedan18@gmail.com

**Tsupko N. PROTEIN CONTENT IN FISH BIOLOGICAL MATERIAL (*Cyprinus Carpio Linaccus*) UNDER TOXIC EXPOSURE.** Common carp (Latin *Cyprinus carpio*) is a common freshwater commercial fish of the carp family. Carp is a fertile and fast-growing fish that has good taste. The yield of meat in two-year-old carp averages 47%. Meat contains a significant amount of protein up to 16-17%. Fish contains complete proteins that are quickly digested.

Короп звичайний (лат. *Cyprinus carpio*) – поширена прісноводна промислова риба родини коропових. Короп – плодюча й швидкоростуча риба, яка має хороші смакові якості. Вихід м'яса у дворічок коропа в середньому становить 47 %. М'ясо містить значну кількість білків – до 16–17 %. Риба містить повноцінні білки, які швидко засвоюються. (Крикуленко, 2017).

Метою роботи є дослідження вмісту білка в рибі за умов токсичного впливу.

Для дослідження брали біологічний матеріал (печінка, білі м'язи, мозок і зябра) дворічної риби сімейства (*Cyprinus Carpio Linaccus*). Дослідження проводили після 14 днів токсичного впливу. Як токсиканти використовували Зенкор, Раундап і 2.4–Д, а також сульфат цинку.

Особини по п'ять штук були поділені на групи: I – Зенкор + сульфат цинку, II – Раундап + сульфат цинку, III - 2.4–Д + сульфат цинку і остання четверта група – група контролю. Умови утримування в акваріумах максимально наближені до температури навколишнього середовища за звичайного способу життя у зимовий період. Під час забору біологічного матеріалу було помічено, що печінка у особин риб, які піддавалися впливу токсиканта Раундап, змінила колір – на темно-зелений із жовтим відтінком.

Для проведення експериментальних досліджень використовували фотометричне обладнання за довжини хвилі 540 нм. Для визначення концентрації вмісту загального білка застосовували математичні розрахунки.

Результати проведених нами досліджень показали, що, порівняно з групою контролю, у групах, які піддавалися токсикантам, вміст загального білка переважає в десятки разів.

Середньоквадратичне відхилення групи контролю становить 12,083 г/л. Група Зенкор –32,503 г/л, група Раундап - 78,177 г/л, група 2,4 –Д становить 55,953 г/л.

Отже, за результатами дослідження можна помітити, що значне збільшення вмісту білка в біологічному матеріалі риби дають токсиканти Раундап та 2,4-Д.

**Buyun L.<sup>1</sup>, Gyrenko O.<sup>1</sup>, Opryshko M.<sup>1</sup>, Kovalska L.<sup>1</sup>, Tkachenko H.<sup>2</sup>, Kurhaluk N.<sup>2</sup>**

**EXTRACTS OBTAINED FROM VARIOUS PARTS OF *COELOGYNE HUETTNERIANA* RCHB.F. (ORCHIDACEAE) POSSESS ANTYHEMOLYTIC ACTIVITY**

<sup>1</sup>*M.M. Gryshko National Botanic Garden, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Poland*

*22b, Arciszewski Str., 76-200 Słupsk, Poland*

*e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

Orchids have been used all over the world in traditional healing and treatment systems of a large number of diverse diseases (Pant, 2013), demonstrating the useful pharmacological activities, i.e. diuretic, antirheumatic, anti-inflammatory, anticarcinogenic, hypoglycemic activities, antimicrobial, anticonvulsive, relaxation, neuroprotective, and antiviral activities (Pérez Gutiérrez, 2010). In particular, previous investigations have indicated that the *Coelogyne* genus belongs to the group of orchids, possessing medical properties (Szlachetko, 2001; Pérez Gutiérrez, 2010). The interesting species within the genus *Coelogyne*, comprising considerable interest for screening of biological activity of various parts of the plants, is *Coelogyne huettneriana* Rchb.f.

*C. huettneriana* is distributed in Myanmar, Thailand, Laos, and Vietnam. Plants usually occur as epiphytes on trees or lithophytes on rocks in open localities in evergreen forests at an elevation of 1100-1200 m (Clayton, 2002). Pseudobulbs are oblong-ovate, located on rhizome close together and enveloped by bracts at the base. Leaves 2, elliptic, acuminate, plicate, with 5-7 nerves. Inflorescence heteranthous (arising on a mature pseudobulb), arching, up to 14 cm long, 4- to 8-flowered; flowers opening simultaneously. Flowers are attractive, musk-scented, about 5 cm across, with deciduous floral bracts (Clayton, 2002). It is easily distinguished by the coloration of the lip, in particular, of the keels.

The present study was conducted to investigate the percentage of hemolysis of equine erythrocytes induced by treatment with extracts obtained from various parts of the *C. huettneriana* plant. It is determined to exemplify their further potential development and use as a drug against metabolic diseases in medicine and veterinary. Our current scientific project undertaken in the frame of the cooperation program between the Institute of Biology and Earth Sciences (Pomeranian University in Słupsk, Poland) and M.M. Gryshko National Botanic Gardens of National Academy of Sciences of Ukraine, directed to assessment of medicinal properties of tropical plants has encompassed some tropical mega-diverse genera, including Orchidaceae.

The leaves, pseudobulbs, and blooming inflorescences of *C. huettneriana*, cultivated under glasshouse conditions, were sampled at M.M. Gryshko National Botanical Garden (NBG), National Academy of Science of Ukraine. Since 1999, the whole collection of tropical and subtropical plants (including orchids) has the status of a National Heritage Collection of Ukraine. Besides that, the NBG collection of tropical orchids was registered at the Administrative Organ of CITES in Ukraine (Ministry of Environment, registration No. 6939/19/1-10 of 23 June 2004). Preparation of Plant Extracts. Freshly leaves, pseudobulbs, and blooming inflorescences

of *C. huettnneriana* were washed, weighed, crushed, and homogenized in 0.1M sterile phosphate buffer saline solution (pH 7.4) (in proportion 1:19, w/w) at room temperature.

Eighteen healthy adult horses from the central Pomeranian region in Poland (Strzelinko, N54°30'48.0" E16°57'44.9"), aged 8.9±1.3 years old, including 6 Hucul pony, 5 Thoroughbred horses, 2 Anglo-Arabian horses, and 5 horses of unknown breed, were used in this study. All horses participated in recreational horseback riding. Horses were housed in individual boxes, with feeding (hay and oat) provided twice a day, at 08.00 and 18.00 h, and water available ad libitum. All horses were thoroughly examined clinically and screened for hematological, biochemical, and vital parameters, which were within reference ranges. The females were non-pregnant. Blood was drawn from the jugular veins of the horses in the morning, 90 minutes after feeding, while the horses were in the stables (between 8:30 and 10 AM). Blood was stored in tubes with sodium citrate and held on the ice until centrifugation at 3,000 rpm for 5 min. The plasma was removed. Pellet of blood was washed three times in sterile 4 mM phosphate buffer (pH 7.4). Erythrocyte aliquots were used in the study. The pellet of blood was resuspended in sterile 4 mM phosphate buffer (pH 7.4). A volume of 0.1 ml of the extract obtained from leaves, pseudobulbs, and blooming inflorescences of *C. huettnneriana* was added to 1.9 ml of clean equine erythrocytes. After incubating the mixture at 37 °C for 60 min with continuous stirring, it was prepared for anti-hemolytic activity assay. To evaluate the extracts' potential to cause hemolysis in equine erythrocytes, a hemolysis assay based on the spectro-photometric measurement of hemoglobin in the supernatant was performed. The anti-hemolytic activity was assessed by following the spectrophotometric method (Kamyshnikov, 2004).

Although many studies on orchids have been conducted so far, and many phytochemicals and pharmaceutical properties were reported, as mentioned above, the aim of our study was assessment the percentage of hemolysis of equine erythrocytes induced by treatment with extracts obtained from the leaves, pseudobulbs, and blooming inflorescences of *C. huettnneriana* with compared to treatment with phosphate buffer. Our results showed that extracts obtained from the pseudobulbs and blooming inflorescences of *C. huettnneriana* after incubation with erythrocyte samples caused to decrease in the percentage of hemolysis by 35.4% ( $p = 0.006$ ) compared to the group treated by phosphate buffer (control samples).

Although equine erythrocytes are more sensitive to oxidant-induced damage due to the use of inefficient mechanisms to correct and protect against oxidative damage, i.e. methemoglobin formation, alteration of aggregation, and reduction of cellular deformability (Baskurt and Meiselman, 1999), therefore, the high susceptibility of equine erythrocytes to oxidant damage may have important as a model to study the toxic effect of plants (Wright et al., 1999). Oxidants typically damage erythrocytes by oxidizing the heme iron in hemoglobin, reactive sulfhydryls, or unsaturated lipids in the membranes. The oxidation of the heme iron in hemoglobin to the ferric ( $Fe^{3+}$ ) state generates methemoglobin, which is incapable of transporting oxygen. Methemoglobin can be enzymatically reduced back to the functional ferrous ( $Fe^{2+}$ ) state, primarily by nicotinamide adenine dinucleotide (NADH)-dependent methemoglobin reductase (Walter et al., 2014). In our numerous studies, oxidative stress biomarkers, as well as osmotic, peroxide, and acid resistance of erythrocytes were used as informative indices for assessment of exercise-induced alterations and physiological state of well-trained athletes and horses involved in recreational horseback ridings (Andriichuk et al., 2011-2017).

The results of this study verified that extracts obtained from various parts of *C. huettnneriana* have potent anti-hemolytic activity and may be utilized as an efficient and safe antioxidant source with anti-hemolytic activity. Further trials examining other medicinal and pharmaceutical properties, as well as application of further analytical instruments with higher sensitivity to determine potent constituents in the various parts of the *C. huettnneriana* plant, should be conducted. Therefore, for natural products derived from plants, testing for their novel

biological activities is more promising, economical, and efficient for the development of novel pharmaceuticals.

This study was carried out during the Scholarship Program supported by The Polish National Commission for UNESCO in the Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk (Poland). We thank The Polish National Commission for UNESCO for supporting our study.

**Dzydzan O.<sup>1</sup>, Chaban M.<sup>1</sup>, Brodyak I.<sup>1</sup>, Kucharska A.<sup>2</sup>, Sybirna N.<sup>1</sup>**

GLUCOSE TRANSPORT AND ATP CONTENT IN LEUKOCYTES UNDER  
ADMINISTRATION OF *CORNUS MAS* L. FRUIT EXTRACTS TO ANIMALS  
WITH STREPTOZOTOCIN-INDUCED DIABETES MELLITUS

<sup>1</sup> Ivan Franko National University of Lviv

4 Hrushevskyyi St., 79005 Lviv, Ukraine

<sup>2</sup> Wrocław University of Environmental and Life Sciences, C.K.

Norwida 25, 50-375 Wrocław, Poland

e-mail: Olha.Dzydzan@lmu.edu.ua

Hyperglycemia in condition of diabetes mellitus (DM) is the result of impaired glucose uptake due to insufficient production of insulin by pancreatic beta cells (type 1 diabetes) or the emergence of cell resistance to insulin (type 2 diabetes). Glucose transport across the plasma membrane of leukocytes is mediated by insulin-dependent (GLUT4) and non-insulin-dependent (GLUT1 / 3) protein glucose transporters and is important for the normal functioning and energy balance of these blood cells. Knowledge of the peculiarities of glucose uptake under diabetes is important for understanding the molecular mechanisms of metabolic disorders in blood leukocytes and may help to find possible ways for preventing these changes. Natural plant remedies, which are able to regulate glucose uptake by tissue and cells, can be used as adjuncts or insulin-replacement therapies for patients with diabetes. Therefore, the aim of the study was to investigate the features of glucose transport and ATP content in peripheral blood leukocytes under oral administration of extracts of fruits of *Cornus mas* L. to animals with streptozotocin-induced diabetes.

Wistar male rats with starting weight 140–170 g were used for all experiments. Diabetes was induced by intraperitoneal administration of streptozotocin (55 mg/kg body weight). The animals were divided into five groups. The first (control – healthy animals) and the second (DM – diabetic control) groups received 1 ml of drinking water orally for 14 days. Animals with DM of the third-fifth groups were orally administered extracts of red and yellow fruit of *Cornus mas* L. and loganic acid, respectively, at a dose of 20 mg/kg body weight for 14 days. At the end of the experimental period, leukocytes of animals of all groups were isolated from peripheral blood for further studies. The ability of leukocytes to absorb glucose was studied by fluorescence microscopy using a fluorescent glucose analog 2-NBDG (2- [N- (7-nitrobenz-2-oxa-1,3-diazol-4-yl) amino]-2-deoxy-D-glucose). The level of ATP in leukocytes was determined spectrophotometrically using a kit (Sigma Aldrich, MAK190).

Analysis of fluorescent photos revealed a decrease uptake of a fluorescent glucose analogue by leukocytes of animals with diabetes. Such changes are due to GLUT4 dysfunction in conditions of hypoinsulinemia in streptozotocin-induced diabetes. Instead, the administration of extracts to animals with DM caused a significant increase in 2-NBDG transport in leukocytes. At the same time, we observed an increase in the ATP level in the blood leukocytes of rats with DM under administration of extracts of fruits of cornelian cherry, compared with a decrease in the level of this energy-carrying molecule in diabetic control group. Manifested metabolic disorders in leukocytes under diabetes can be caused by poor glucose utilization, glycolysis unbalance, dysfunction of the electron transport chain, accompanied by overproduction of reactive oxygen species and energy deficiency.

According to the obtained results, it can be concluded that the administration of extracts of fruits of *Cornus mas* L. in condition of streptozotocin-induced DM led to an increase in the glucose uptake by leukocytes with subsequent restoration of intracellular ATP levels. Such changes are due to the ability of biologically active components of the extracts to prevent the development of oxidative-carbonyl stress in blood leukocytes in case of streptozotocin-induced diabetes.

**Dzydzan O.<sup>1</sup>, Kalanova S.<sup>1</sup>, Brodyak I.<sup>1</sup>, Kucharska A. Z.<sup>2</sup>, Sybirna N.<sup>1</sup>**

AN *IN VITRO* EVALUATION OF HYPOGLYCAEMIC POTENTIAL  
OF CORNELIAN CHERRY (*CORNUS MAS* L.) FRUITS' EXTRACTS

<sup>1</sup> Ivan Franko National University of Lviv  
4 Hrushevskyyi St., 79005 Lviv, Ukraine

<sup>2</sup> Wrocław University of Environmental and Life Sciences, C.K.  
Norwida 25, 50-375 Wrocław, Poland  
e-mail: sova.svta@gmail.com

Maintaining a physiological blood glucose level in people with diabetes is a significant problem during the disease treatment. Normoglycemia can be achieved by using oral hypoglycemic drugs. We have previously determined that the oral administration of cornelian cherry fruits' extracts for 14 days to animals with streptozotocin-induced diabetes leads to a significant reduction in blood glucose level and postprandial glucose levels in glucose tolerance test (Dzydzan, 2019). We assumed that inhibition of  $\alpha$ -glucosidase activity (EC 3.2.1.20) by *Cornus mas* L. fruits' extracts may be one of the possible mechanisms of lowering blood glucose level. Active  $\alpha$ -glucosidase affects terminal non-reducing  $\alpha$ -glucose residues and hydrolyzes 1,4-glycosidic bonds. This enzyme is involved in the catabolism of glycogen, starch and oligosaccharides, and lead to the release of glucose. Inhibitors of  $\alpha$ -glucosidase affect the postprandial hyperglycemia by depressing the enzyme activity and thereby reducing the entry of monosaccharides into the blood. Therefore, the aim of this study was to evaluate the inhibitory potential of cornelian cherry fruits' extracts on the activity of  $\alpha$ -glucosidase *in vitro* and to determinate the type of enzyme inhibition.

The extracts of yellow and red cornelian cherry fruits and the purified loganic acid extracted from yellow fruits were tested. The effect of the extracts on  $\alpha$ -glucosidase activity was estimated according to the method described by Wang et al. (2013) using  $\alpha$ -glucosidase from *Saccharomyces cerevisiae*. The  $\alpha$ -glucosidase activity was determined by measuring the absorbance of yellow-colored reaction product (*p*-nitrophenol) from *p*-nitrophenyl glucopyranoside (pNPG) at 405 nm. The results were expressed as percentage of the blank control. Based on the graphs concentrations of extracts resulting in 50% inhibition of the enzyme activity ( $IC_{50}$ ) were calculated. The mode of inhibition of  $\alpha$ -glucosidase by the extracts of fruits of cornelian cherries was determined according to the method described by Ali et al. (2006).

According to the results of *in vitro* studies, an inhibitory effect of extracts of *Cornus mas* L. fruits on the activity of  $\alpha$ -glucosidase was revealed. The extract of red fruits at a concentration of 25.7  $\mu$ g/mL possessed a higher inhibitory effect on the activity of  $\alpha$ -glucosidase compared with the extract of yellow fruits of same concentration. The inhibitory activity of loganic acid ( $IC_{50}$  211.56  $\mu$ g/mL) on  $\alpha$ -glucosidase activity was in 8.0 and 7.5 times weaker compared to red and yellow fruit extracts, respectively. The different inhibition potential of  $\alpha$ -glucosidase by cornelian cherry extracts from red and yellow fruits and the purified loganic acid indicate that different inhibition mechanisms are involved. The mode of inhibition of cornelian cherry fruits' extracts on  $\alpha$ -glucosidase was determined using the Lineweaver-Burk plot, which displayed a mixed type of inhibition of the enzyme, while loganic acid extract proved to be the noncompetitive inhibitor of  $\alpha$ -glucosidase. Therefore, *in vitro* assays showed stronger inhibition of  $\alpha$ -glucosidase by the extracts of red and yellow fruits of cornelian cherry in contrast to its major component – loganic acid, an iridoid glycoside extracted from *Cornus mas* L. fruits.

**Dzydzan O.<sup>1</sup>, Kuchurka O.<sup>1</sup>, Brodyak I.<sup>1</sup>, Kucharska A.<sup>2</sup>, Sybirna N.<sup>1</sup>**

EXTRACTS OF *CORNUS MAS* L. FRUITS PREVENT  
THE DEVELOPMENT OF CARBONYL STRESS IN BLOOD PLASMA OF RATS  
WITH STREPTOZOTOCIN-INDUCED DIABETES MELLITUS

<sup>1</sup>*Ivan Franko National University of Lviv*

*4 Hrushevskyyi St., 79005 Lviv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Wroclaw University of Environmental and Life Sciences, C.K.*

*Norwida 25, 50-375 Wroclaw, Poland*

*e-mail: Olha.Dzydzan@lnu.edu.ua*

Accumulation of advanced glycation end-products (AGEs) in patients with diabetes mellitus (DM) is associated with the pathogenesis of many complications. The impact of AGEs is mediated by the interaction with RAGE receptor that induces a series of signaling pathways and may lead to cellular functional disorders and development of oxidative-carbonyl stress. The exact mechanisms of these changes have not been properly studied and are probably multifactorial. Therefore, it was important to investigate the effect of extracts of *Cornus mas* L. fruits on the levels of the carbonyl stress biomarkers – AGEs and receptors for AGEs (RAGE) in blood plasma of rats with DM.

The research was conducted on Wistar male rats with starting weight 140–170 g. Experimental DM was induced by an intraperitoneal injection of streptozotocin (55 mg per kg bw) dissolved in citrate buffer solution (pH 4,5). Beginning from the 10<sup>th</sup> day after the induction of diabetes, the extracts of red and yellow fruits of cornelian cherry and loganic acid were administered orally to DM rats at a dose of 20 mg per kg bw daily during 14 days. After the experimental period, animals of all groups were decapitated with the use of anesthesia, and the biomaterials for further studies were collected. The plasma levels of AGEs were determined fluorimetrically; soluble RAGEs in plasma (sRAGE) – by the western blot analysis method.

It was found that the development of streptozotocin-induced DM is accompanied with the increase of AGEs and sRAGE levels in blood plasma of the animals. The main cause of AGEs formation and accumulation under DM are the elevated endogenous glucose levels. AGEs interact with its receptor, which, in turn, can be represented by several RAGE variant proteins, including truncated sRAGE forms. Increased plasma concentrations of sRAGE may correspond to increased RAGE cleavage in DM.

As far as AGEs and RAGE are important diagnostic biomarkers, analysis of their content allows estimating the efficacy of treatment in diabetes. The administration of the extracts of red and yellow fruits of cornelian cherry and loganic acid led to the reduction of the AGEs levels in the blood plasma. However, the extract of red fruits induced only a decrease of sRAGE levels comparing to animals from the untreated diabetic group. We have found out that the extracts of red and yellow fruits of cornelian cherry demonstrate a hypoglycemic effect in streptozotocin-induced DM. As AGEs are products of non-enzymatic interaction of reducing carbohydrates with biopolymers, their accumulation is reduced in condition of improved glycemic control. Moreover, the extracts of fruits have an antioxidant effect and, thereby, may prevent the accumulation of free radicals and AGEs self-oxidation.

**Hertsyk D., Sabadashka M., Sybirna N.**

EFFECT OF RED WINE CONCENTRATE ENRICHED  
WITH NATURAL COMPLEX OF POLYPHENOLS ON HEPATOCYTES  
OF RATS WITH EXPERIMENTAL DIABETES MELLITUS

*Ivan Franko National University of Lviv*

*4 Hrushevskyyi St., 79005 Lviv, Ukraine*

*e-mail: Dariya.Hertsyk@lnu.edu.ua*

Diabetes mellitus is one of the most common diseases in the world. Type 1 diabetes mellitus is an autoimmune disease. It is an emergency problem for health while it causes disruption of the

functioning of all body systems, in particular homeostasis support system. The liver is one of the most important elements of this system. So, it is important to study the state of this organ and the level of oxidative stress in this organ under type 1 diabetes mellitus. An important task for researchers is to find compounds that will correct diabetes-induced disorders. Due to the antioxidant, immunomodulating, and antibacterial features of natural polyphenols, such as those from red wine, they have to be considered as potential remedies for type 1 diabetes mellitus disorders.

The aim of the research was to study the effect of red wine concentrate enriched with a natural complex of polyphenols on lipofuscin level in the liver and the activity of alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) in liver and plasma under streptozotocin-induced diabetes mellitus.

Lipofuscin is an important marker of the aging of organisms and oxidative stress. There was detected an increased level of lipofuscin in the hepatocytes of rats with experimental diabetes mellitus. Studied concentrate caused a decrease of lipofuscin level in cells of the liver under the pathology. The accumulation of products of lipids peroxidation and oxidative modifications of proteins under the conditions of diabetes mellitus were increased. This leads to increased forming of lipofuscin. Due to antioxidant properties, polyphenolic compounds decrease the level of lipids peroxidation products and oxidatively modified proteins. Respectively, the level of lipofuscin decreases. In addition, the activities of ALT and AST in the liver and plasma of blood were evaluated. The results have shown increased activity of AST in plasma and decreased activity of ALT and tendency of decreased activity of AST in hepatocytes under experimental diabetes mellitus. The natural complex of polyphenols decreased activity of both enzymes in plasma and normalized activity of studied enzymes in hepatocytes under conditions of type 1 diabetes mellitus. ALT and AST are the main markers of cell destruction. As a result, increased activity of these enzymes in plasma and decreased activity in the liver indicate enhanced destruction of hepatocytes under conditions of diabetes mellitus. Results detected under conditions of concentrate administration under diabetes mellitus confirm hepatoprotective properties of polyphenolic compounds.

The results of the research reveal that red wine concentrate enriched with a natural complex of polyphenols has antioxidant properties, as it can decrease the level of lipofuscin, and also shows hepatoprotective abilities. Due to these results, this concentrate can be considered as an important part of diabetes-correcting therapy.

**Karmash O.<sup>1</sup>, Liuta M.<sup>1</sup>, Yefimenko N.<sup>1</sup>, Znamirowska A.<sup>2</sup>, Sybirna N.<sup>1</sup>**

**FREE RADICAL SCAVENGING ACTIVITY OF YOGURT CONTAINING  
*SAMBUCUS NIGRA* L. EXTRACT**

<sup>1</sup> Ivan Franko National University of Lviv, 4, Hrushevskiyi St., 79005, Lviv, Ukraine

<sup>2</sup> Rzeszów University, al. Rejtana 16c, 35-959, Rzeszów, Poland

e-mail: sashakarmash@gmail.com

*Sambucus nigra* L. naturally grows in Europe and has been introduced in many parts of the world for their fruits which enriched by various nutrients, such as proteins, carbohydrates, fatty and organic acids, vitamins, minerals and etc. The most important group of biologically active compounds found in *Sambucus nigra* L. are polyphenols. Polyphenols well known for their antioxidant activity and possess great potential as supplemented drug for treatment of various diseases and conditions, associated with oxidative stress.

It is notable that green berries and the seeds of the fruit containing cyanogenic glycosides that makes raw berries toxic (Vedel & Lange 1960). However, *Sambucus nigra* L. fruits are edible after cooking and used in different kitchens throughout the world, so that makes great potential for making functional food products.

Our task was to determine antioxidant activity of yogurt containing *Sambucus nigra* L. using DPPH free radical scavenging assay. Yogurt was produced at Department of Dairy Technology of Rzeszów University and contained 80 % of *Sambucus nigra* L. biologically active substances and 20 % fermented milk with *Lactobacillus gasseri*. Total amount of polyphenols in prepared product was estimated as 18 mg/100 g of yogurt.

Because of high viscosity and dark color of product we decided to make extracts from yogurt to check antioxidant activity. 1 ml of yogurt was mixed with 1 ml of distilled water or with 1 ml of methanol. Samples were incubated for 2h in 30 °C, then centrifuged 5000 rpm for 10 min. Obtained water and methanol extracts were used for DPPH assay.

According to DPPH scavenging assay both water and methanol extracts possess good antioxidant activity. We did series of dilutions and made calibration curve with Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) methanol solution. From Trolox calibration curve we calculated EC<sub>50</sub> (concentration of compound that provides 50 % of scavenging activity) for Trolox (190.8 microgram/ml). Solutions of our extracts diluted in 4.16 times (water extract) and in 5.69 times (methanol extract) were equivalent to EC50 of Trolox.

According to our results we consider that yogurt, containing *Sambucus nigra* L. extract possesses great antioxidant activity and suitable for further research in application for treatment some conditions accompanied by oxidative stress.

**Khoma V.<sup>1</sup>, Martyniuk V.<sup>1</sup>, Matskiv T.<sup>1,2</sup>, Yunko K.<sup>1</sup>,  
Gnatyshyna L.<sup>1,2</sup>, Manusadžianas L.<sup>3</sup>, Stoliar O.<sup>1</sup>**

**HORMETIC-LIKE BIOCHEMICAL RESPONSES  
OF BIVALVE MOLLUSK TO ROUNDUP AND CHLORPROMAZINE  
ARE DISTORTED IN THE COMBINE EXPOSURES**

<sup>1</sup>Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University  
2, Kryvonosa Str., Ternopil, Ukraine, 46027

<sup>2</sup>I.Ya. Horbachevsky Ternopil National Medical University  
1, Maidan Voli, Ternopil, Ukraine, 46001

<sup>3</sup>Nature Research Centre  
2, Akademijos Str., LT-08412 Vilnius, Lithuania  
e-mail: khomav@tnpu.edu.ua

The balance of the severity of damage and specific effects of xenobiotics dependents on the exposure conditions and usually is investigated for the separate substances. However, the demand for evidence-based models includes the elaboration of the environmentally realistic conditions for the risk assessment. Particularly, the manifestations of specific reactions to compounds in the combined exposures need to be clarified. Bivalve mollusks represent the high sensitivity to chemical stress models. However, their specific responses to certain xenobiotics are not well understood. In this study, we aimed to indicate the particular effects of common pollutants known by their effect on the metal metabolism, pesticide Roundup (Rn), and neuroleptic pharmaceutical Chlorpromazine (Cpz). To provide environmentally expected limits of the impact, we selected for the study 0.2 of predicted no effect concentration for Roundup and correspondent to minimal physiological effect concentration for chlorpromazine.

We exposed the freshwater mussels *Unio tumidus* to Rn or Cpz in concentrations 17 µg L<sup>-1</sup> and 18 µg L<sup>-1</sup> respectively at 18° C in the single and combine (RnCpz) exposures and to Rn at 25° C (RnT). Because the effect of both substances is focused on the metal uptake and homeostasis, this study was devoted to the evaluation of zinc (Zn) concentration within the tissues (Zn-t) and its storage in the Zn-buffering proteins metallothioneins (Zn-MT), and total metallothionein concentration (MTSH). The antioxidants (superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and total antioxidant (from the generation of ABTS<sup>+</sup>(2,2-Azino-Bis (3-Ethylbenzthiazoline-6-Sulfonic Acid)) activities, glutathione level and redox index (GSH/GSSG)) were analyzed. The oxidative

injury was evaluated from the lipid peroxidation (TBARS), and protein carbonyls (PC) products. Biotransformation system phases I and II were analyzed by the CYP450-related EROD and glutathione *S*-transferase (GST) activities. We also evaluated the indexes of metabolic activity (citrate synthase), lysosomal stability as the sign of vitality, cholinesterase (ChE) activity to assess the neurotoxicity, and caspase-3 activity as the marker of apoptosis.

The shared signs of hormetic-like response were indicated in all groups: the increase of the Zn-MT and ABTS (by 23-51 %) levels and GSH/GSSG ratio, TBARS, protein carbonyls, EROD (by 3 times in Cpz-groups), and citrate synthase (in RnCpz and Cpz-groups) activities, indicating the high level of resistance to impact. SOD was not changed in any group. The effect of Rn alone was less substantial. Cpz caused some particular responses: it did not affect the MTSH but depleted the level of Zn-t, decreased the CAT and GST activities, but enhanced ChE activity (the typical response to Cpz in other models) and lysosomal stability. Caspase-3 activity was elevated only in the exposures to RnCpz and Rn. The highest injury was indicated in the RnT-group due to the decrease of Zn-t and lysosomal integrity. According to the Discriminant function analysis, combine exposures abolished the individual responses. Summarizing, complex exposures can enhance the resistance of antioxidant defense with involving of Zn-thiolome, but heating limited it. Multi-marker expertise with application of integrated indexes has benefits in the indication of unpredictable effects of complex exposures.

This work has been granted by the Ministry of Education and Science of Ukraine to Oksana Stoliar (Ukrainian-Lithuanian R&D Project No M19/2020).

**Kurhaluk N., Tkachenko H.**

**DEVELOPMENTAL-INDUCED CHANGES OF THE OXIDATIVE STRESS BIOMARKERS  
AND ENERGY-RELATED METABOLITES IN THE SKELETAL MUSCLES  
OF SEA TROUT *SALMO TRUTTA M. TRUTTA L.***

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Slupsk, Poland  
22b, Arciszewski Str., 76-200 Slupsk, Poland  
e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

Sea trout are anadromous, while brown trout are the resident forms of the same species *Salmo trutta L.* The parr developmental stage is characterized by the age of 2-3 years habiting in freshwater. This form persists until the fish migrate to the sea. A proportion of juvenile sea trout does not smoltify during their first seaward migration and is indistinguishable from brown trout parr (Piggins, 1975; Pemberton, 1976). In the smolt stage, the trout species reach a size of 10-20 cm; this is a two-habitat stage, because of the fish head for the sea. The adult developmental stage includes individuals that return to the rivers as adult specimens after existing for 2 - 3 years in the sea. The fish reaches a weight of 2-3 kg, is sexually mature, and is characterized by a silver color of the body sides (Birt and Green, 1986; Debowski et al., 1999). During migration, the adult does not feed on. Kelt group is a fish that had recently spawned but had not recovered condition or commenced new growth (Pratten and Sherarer, 1983). Kelts are fish that have just finished spawning and returned to the sea. The kelt form is regarded as a form of trout survival.

Studies of the possibilities of the basic mechanisms for adaptation of the trout organism during freshwater and marine migration are still important. In contrast to research on the Atlantic salmon (Amundsen and Gabler, 2008), the basic mechanisms of oxidative stress, aerobic and anaerobic metabolic status caused by changes in the existing environments from freshwater to seawater and vice versa in sea trout populations are still unexplained.

Since the sea trout is an anadromous fish, impacts of the freshwater and seawater factors coexist (Debowski et al., 1999). Information on the behavior and habitat use, as well as life-history strategies, is dependent on the fish sex (Martínez et al., 2014; Maitre et al., 2017; Costantini, 2018). The objective of the current study was to determine the relationships between some enzymes

and substrates involved in oxygen-dependent reactions in the muscle tissue of the sea trout. The current study revealed the impact of the sex and different development stages of the sea trout (parr, smolts, spawners, adults, and the kelt stage) on the effective formation of adaptive oxygen-dependent mechanisms. Changes in the activity of metabolic enzymes are caused by modification of energy metabolism pathways, especially at spawning, since the reproductive process is energy-intensive and requires significant internal reserves of the fish organism (Laiz-Carrion et al., 2002; Bartelme, 2006). Thus, redistribution of energy and plastic materials evidencing by changes in levels of substrates for aerobic and anaerobic-related metabolic pathways, and, accordingly, intensification of lipid peroxidation occurred.

Analysis of the lipid peroxidation biomarker in the muscle tissue of sea trout in the different developmental stages showed that the 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) level was altered significantly ( $F_{7,364}=94.39$ ,  $P=0.000$ ). In smolts, the highest level of TBARS compared with the parr group was observed. In the spawners and kelt form, two-fold higher TBARS levels compared with the first three stages of trout development were demonstrated. It should be noted that a stable tendency towards an age-related increase of the lipid peroxidation in the muscle tissue was observed. These changes were significant for the spawners and kelt form and did not differ between the sexes.

Our results revealed a two-fold higher TBARS level in the muscle tissue of spawners and kelts compared with the first three stages of trout development (parr, smolts, and adults). A stable developmental-related tendency towards an increase in the lipid peroxidation in the muscle tissue was observed. These changes were substantial for the spawners and kelt form and differed between the sexes. Products of lipid peroxidation are cytotoxic, mutagenic, and carcinogenic (Hensley et al., 2000). The gametogenesis processes and increased muscle activity with simultaneous fish starvation during spawning suggest uncontrolled oxidative reactions affecting their physiological states and led to exhaustion. The immune system of fish during this critical period of their life is vulnerable to infections caused by pathogens (Kurhaluk et al., 2011; Tkachenko et al., 2014).

Our data concerning the antioxidant defenses in muscle tissue in the sea trout analyzed by the MANOVA tests confirmed the influence of both the sex and developmental stages, as well as the combination of these factors. Nevertheless, such dependencies regarding the activity of enzymes such as alanine and aspartate transaminases, lactate dehydrogenase, and succinate dehydrogenase, as well as metabolites involving in energy-related cellular metabolic changes (i.e., lactate and pyruvate), were not observed. The results of multiple correlation analyses revealed that the biochemical markers of oxygen-dependent pathways in the muscle tissue are not dependent on the sex of fish.

The current study revealed the impact of the sex and different development stages of the sea trout (parr, smolts, spawners, adults, and the kelt stage) on the effective formation of adaptive oxygen-dependent mechanisms. Results of our study revealed a two-fold higher TBARS level, a lipid peroxidation biomarker, in the muscle tissue of spawners and kelts compared to the first three stages of trout development (parr, smolts, and adults). A stable developmental-related tendency towards an increase in the lipid peroxidation in the muscle tissue was observed. Glutathione peroxidase in the muscle tissue plays a leading role in the different stages of trout development. The increased lactate levels and higher lactate to pyruvate ratio in the muscle tissue of parr and smolts compared to other developmental stages were observed. This increase reflects the switch of the muscle cytosolic redox potential from the aerobic pathway to anaerobic glycolysis. These results indicate that energy-related cellular components and metabolic enzymes (e.g., succinic dehydrogenase) may compensate for adaptive mechanisms without any serious damage to muscle tissue. Our study confirmed the increase of the De Ritis ratio in the muscle tissue of sea trout through the stages of development from parr to adults (males and females). The differences in the enzyme activities are associated with the reorganization of the energy-related metabolic

pathways (anaerobic and aerobic pathways) during spawning. This process is one of the ways to the adaptation of fish organisms to the environment through different development-related stages.

The authors are grateful to The Polish National Commission for UNESCO for supporting our study.

**Kurhaluk N., Tkachenko H.**

OXIDATIVE MODIFICATION OF LIPIDS AND CARBONYL DERIVATIVES  
OF PROTEINS IN THE BLOOD OF MICE WITH SYSTEMIC  
INFLAMMATORY RESPONSE SYNDROME

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Poland*

*22b, Arciszewski Str., 76-200 Słupsk, Poland*

*e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

Various rodent models have been developed to mimic the course of human sepsis (Seemann et al., 2017). These models can be classified into three major types: exogenous administration of endotoxin, i.e. lipopolysaccharide (LPS) treatment, exogenous administration of viable pathogens (inoculation with *Escherichia coli*), and disruption of the endogenous protective barrier, i.e. cecal ligation and puncture model (Stortz et al., 2017; Seemann et al., 2017). Lipopolysaccharide (LPS), a component of Gram-negative bacterial endotoxin that induces acute inflammation by stimulating host cells to produce proinflammatory cytokines (Kabir et al., 2002; Hwang et al., 2019). In total, the existing data suggest that shortly after LPS administration, high levels of pro-inflammatory cytokines are released (Remick et al., 2000). This leads to the rapid development of systemic inflammatory response syndrome (SIRS) and subsequent dose-dependent mortality (Stortz et al., 2017). Thus, LPS can be used to study the pathophysiological processes of endotoxemia or SIRS and as a model of endotoxic shock, but not of sepsis in general (Deitch, 1998; Seemann et al., 2017).

Animal models of sepsis can provide significant insights into the complex pathophysiology of sepsis-induced multiple organ dysfunction. Such models include intravascular infusion of endotoxin or live bacteria, bacterial peritonitis, cecal ligation and perforation, soft tissue infection, pneumonia, or meningitis models using different animal species including rats, mice, rabbits, dogs, pigs, sheep, and nonhuman primates (Poli-de-Figueiredo et al., 2008). The most popular preclinical sepsis model involves mice. Various mice models with different patterns have been generated, among which endotoxin, bacterial infusion, cecal ligation and puncture, and colon ascendance stent peritonitis models are the most commonly used (Hwang et al., 2019).

LPS stimulates the synthesis and release of several metabolites from mammalian phagocytes, i.e. reactive oxygen species (ROS) that are considered to play a crucial role in the pathogenesis of endotoxic shock *via* oxidative stress generation (Skibska et al., 2006; Torres-Rodríguez et al., 2016). ROS may cause cellular damage by reacting with lipids, proteins, and DNA. Oxidative modification of lipids and carbonyl derivatives of proteins mediated by ROS is called lipid peroxidation and protein oxidation (Kehrer, 1993; Mehlhase and Grun, 2002). In the current study, the blood lipid peroxidation and protein damage were evaluated in LPS-induced systemic inflammatory response syndrome in mice. Lipid peroxidation was measured as blood 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) levels, while protein damage was assessed as the levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in the blood.

Healthy male white Balb/c mice (*Mus musculus* Linnaeus, 1758), weighing about 20–30 grams and aged about 2–3 months, were used in the experiments. The data were collected from 12 adult animals divided into two groups, i.e. untreated control (6 animals) and LPS-induced systemic inflammatory response syndrome (6 animals). The experiments were performed by the Guidelines of the European Union Council and the current laws and were approved by the Ethical Commission (2612/2016).

Lipopolysaccharide [*Escherichia coli* LPS 026:B6; Sigma-Aldrich Sp. z.o.o, Poznan, Poland; lyophilized powder chromatographically purified by gel filtration (protein content < 1 %) was used for modeling systemic inflammatory response syndrome in mice. Shortly before use, LPS was dissolved in sterile normal saline (0.9 % NaCl). Injections of LPS were administered once, intraperitoneally, at a dose of 150 µg per mouse, as described by Blanqué and co-workers (1999) and Yang and co-workers (2013). Negative control mice were injected with 0.9% NaCl. Samples were collected 24 h after the last drug administration. Blood samples were taken from the caudal vein using syringes in less than 1 min and transferred to tubes with K<sub>2</sub>-EDTA.

TBARS were measured using the method described by Kamyshnikov (2004). TBARS level was expressed in nmol of malonic dialdehyde (MDA) per mL of blood. The carbonyl derivatives of oxidatively modified proteins (OMP) rate was estimated using the reaction of the resultant carbonyl derivatives of amino acids with 2,4-dinitrophenyl hydrazine (DNFH), as described by Levine and co-workers (1990) and modified by Dubinina and co-workers (1995). Levels of carbonyl groups were determined spectrophotometrically at 370 nm (aldehydic derivatives, AD) and 430 nm (ketonic derivatives, KD), and expressed in nmol per mL of blood.

Results were expressed as mean ± S.D. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors tests ( $p > 0.05$ ) and homogeneity of variance was checked by using Levene's test. The significance of differences in parameters between untreated control and treated groups was examined using a one-way analysis of variance (ANOVA). We also used Bonferonni's post-test (Zar, 1999). Statistical analysis was carried out in one way, i.e. the LPS-induced systemic inflammatory response syndrome was compared with those of the untreated control group. Differences were considered significant at  $p < 0.05$ . All statistical calculations were performed on separate data from each group with STATISTICA 8.0 software (StatSoft Inc., Poland).

TBARS are end products of the terminal stages of lipid peroxidation (Gyurászová et al., 2018). The TBARS concentration was significantly increased in the LPS-exposed mice compared to the untreated control group ( $23.14 \pm 3.44 \text{ nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$  vs  $16.23 \pm 2.11 \text{ nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$ , increase by 42.6%,  $p = 0.000$ ). Intensification of free radical oxidation causes changes in proteins and their structure. Such changes are presented as carbonyl derivatives consisting of aldehydic and ketonic derivatives of OMP (Bargnoux et al., 2009; Hauck and Bernlohr, 2016). The concentration of aldehydic derivatives of OMP was higher in the LPS-exposed group compared to the untreated control mice ( $12.51 \pm 1.16 \text{ nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$  vs  $4.22 \pm 0.56 \text{ nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$ , increase by 196.5%,  $p = 0.000$ ). LPS-induced systemic inflammatory response syndrome statistically significantly increased the concentration of ketonic derivatives of OMP, i.e. ( $11.25 \pm 1.13 \text{ nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$  vs  $3.98 \pm 0.22 \text{ nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$ , increase by 182.7%,  $p = 0.000$ ) compared to the untreated controls. Oxidative stress has also been known to contribute to the pathophysiology of LPS-induced systemic inflammatory response syndrome (Skibska et al., 2006; Pavlakou et al., 2017; Kurhaluk et al., 2017, 2018, 2020; Kim et al., 2020). In this study, mice treated with LPS displayed increased blood levels of the lipid peroxidation markers, TBARS, compared to saline-treated control mice. On the other hand, the levels of oxidatively modified proteins were more increased (1.96 and 1.83-fold increased,  $p = 0.000$ ) compared to saline-treated control mice.

These results are concordant with the acknowledged prooxidant properties of LPS (Skibska et al., 2006; Torres-Rodríguez et al., 2016). These findings are in good agreement with recent studies showing that the systemic administration of LPS generally leads to the fulminant release of ROS, which is produced during the leukocyte respiratory induced oxygen burst induced by the LPS (Goode and Webster, 1993; Skibska et al., 2006; Kurhaluk et al., 2017, 2018, 2020). Macrophages activated by LPS lead to the overproduction of ROS (Lee et al., 2012; Zhang et al., 2019). On the other hand, the excess production of ROS is revealed to play a key role in potentiating macrophage activation, which eventually leads to excessive inflammation, resulting

in various inflammatory diseases (Xu et al., 2015; Sheu et al., 2018; Zhang et al., 2019). Pedruzzi and co-workers (2012) and Ren and co-workers (2019) revealed that the nucleus translocation of nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (Nrf2) is an important regulator in regulating the expression of antioxidant and anti-inflammatory factors in cell life activities. Moreover, Nrf2 is essential for suppressing ROS-induced inflammatory response (Zhao et al., 2014).

It is clear that while LPS induces oxidative stress, the combination of both oxidations of lipids and proteins is more highly toxic to the organism. As a consequence, protein damage and lipid peroxidation in the blood is highly expanded.

*This research has been supported by The Visegrad Fund (Bratislava, Slovak Republic), and it is cordially appreciated by authors.*

**Kurhaluk N., Tkachenko H.**

**RED BLOOD CELL INDICES IN THE BLOOD  
OF MICE WITH ACUTE ETHANOL-INDUCED INTOXICATION**

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Poland  
22b, Arciszewski Str., 76-200 Słupsk, Poland  
e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

Numerous clinical observations support the notion that ethanol has various pathologic effects on hematopoietic tissue (Ballard, 1989). Its effect on the red series leads to the appearance of megaloblastic disturbances, erythroblasts vacuolization, iron metabolism abnormalities, and hemolytic syndromes (Alvarez-Sala Walther et al., 1979). Megaloblastic anemia in chronic alcoholism results from a combination of nutritional deficiency and the effect of ethanol as a folate antagonist. Experimental studies suggest that alcohol may disturb hepatic folate metabolism (Scharf and Aul, 1988). Iron metabolism alterations include reversible sideroblastic anemia and hemosiderosis (Alvarez-Sala Walther et al., 1979). Further, chronic ingestion of alcohol can lead to various types of hemolytic anemia caused by alterations in the erythrocyte membrane lipids which occur in association with alcoholic liver disease (Scharf and Aul, 1988).

Laboratory abnormalities of  $\gamma$ -glutamyltransferase (GGT) activity, aspartate aminotransferase (AST) activity, high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) content of serum and erythrocyte mean corpuscular volume (MCV) are non-specific indicators of possible alcohol-induced liver impairment (Das et al., 2003; Montalto and Bean, 2003). There are several other markers with considerable potential for a more accurate reflection of recent alcohol intake, i.e. carbohydrate-deficient transferrin,  $\beta$ -hexosaminidase, acetaldehyde adducts, and the urinary ratio of serotonin metabolites, 5-hydroxytryptophan, and 5-hydroxy indole acetic acid (Das et al., 2003). In man, chronic alcohol abuse is associated with complex changes of membrane properties at different membrane levels e.g. at the charged surface, in the polar lipid head group region, and the hydrocarbon core. Implying that apart from phospholipid alterations, structural changes in membrane-bound glycol-conjugates participate in this adaptive process (Stibler et al., 1991).

Since there is a strong association between blood parameters and ethanol-induced adaptive changes in blood for the pathological and toxicological effects of ethanol consumption, we aimed to compare red blood cell count and red blood cell indices in the mice with acute ethanol-induced intoxication.

Healthy male white Balb/c mice (*Mus musculus* Linnaeus, 1758), weighing about 20–30 grams and aged about 2–3 months, were used in the experiments. The data were collected from 12 adult animals divided into two groups, i.e. untreated control (6 animals) and acute ethanol-induced toxicity (6 animals). The experiments were performed by the Guidelines of the European Union Council and the current laws and were approved by the Ethical Commission (2612/2016).

Acute exposure to ethanol was induced by intraperitoneal injection of ethanol in a dose of 0.75 g per kg b.w. per day. Ethanol was diluted from a 95% (v/v) solution to a concentration of 20 % (v/v) with physiological saline (0.9 %) and was administered as intraperitoneal (IP)

injections at doses of 0.75 g per kg b.w. or in an injection volume 4.73 mL per kg b.w. per day during 10 days of the experiment as described by Powers and Chester (2014). Negative control mice were injected with 0.9% NaCl. Samples were collected 24 h after the last drug administration. Blood samples were taken from the caudal vein using syringes in less than 1 min and transferred to tubes with  $K_2$ -EDTA.

$K_2$ -EDTA blood was collected and analyzed automatically (Abacus Junior Vet, Diatron MI Zrt., Budapest, Hungary) to obtain the following data: red blood cell (RBC) count ( $10^6/\mu\text{l}$ ), white blood cell (WBC) count ( $10^3/\mu\text{l}$ ), lymphocyte ( $10^3/\mu\text{l}$ ), monocyte ( $10^3/\mu\text{l}$ ), neutrophil ( $10^3/\mu\text{l}$ ), lymphocyte (%), monocyte (%) and neutrophil (%), hemoglobin (HGB) concentration (g/dl), packed cell volume (PCV), hematocrit (HCT, %), mean corpuscular volume (MCV, fl), mean corpuscular hemoglobin (MCH, pg), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC, g/dl), RBC distribution width (RDWc, %), platelet count (PLT,  $10^3/\mu\text{l}$ ), packed cell volume (PCV, %), mean platelet volume (MPV, fl) and platelet distribution width (PDW, %).

Results were expressed as mean  $\pm$  S.D. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors tests ( $p > 0.05$ ) and homogeneity of variance was checked by using Levene's test. The significance of differences in parameters between untreated control and treated groups was examined using a one-way analysis of variance (ANOVA). We also used Bonferonni's post-test (Zar, 1999). Statistical analysis was carried out in one way, i.e. the effect of ethanol was compared with those of the control group. Differences were considered significant at  $p < 0.05$ . All statistical calculations were performed on separate data from each group with STATISTICA 8.0 software (StatSoft Inc., Poland).

In the mice with acute ethanol-induced intoxication, the values obtained were: HGB ( $13.54 \pm 13.67$  g/dl), RBC ( $7.91 \pm 0.29$   $10^6/\mu\text{L}$ ), MCV ( $53.71 \pm 0.78$  fL), HCT ( $42.70 \pm 1.86$  %), RDW ( $18.30 \pm 0.30$  %), MCH ( $17.07 \pm 0.2$  pg), and MCHC ( $31.74 \pm 0.36$  g/dL) compared to the values obtained in control untreated group, i.e. HGB ( $13.67 \pm 13.67$  g/dL), RBC ( $7.96 \pm 0.17$   $10^6/\mu\text{L}$ ), MCV ( $53.33 \pm 0.21$  fL), HCT ( $42.61 \pm 0.81$  %), RDW ( $17.32 \pm 0.10$  %), MCH ( $17.15 \pm 0.18$  pg), and MCHC ( $32.02 \pm 0.37$  g/dL). Though no significant differences were observed in the current study in the concentration of hemoglobin, a number of red blood cells, hematocrit, MCV, MCH, MCHC, and RDW, other studies (Stibler et al., 1991, Das et al., 2003) strongly suggest the involvement of several homeostatic mechanisms and also indicate the existence of certain adaptive mechanisms to counteract the influence of alcohol in chronic alcohol conditions. In these studies, an increase in mean corpuscular volume (MCV) with a decrease in mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) in alcoholics compared with the controls have been reported.

In the study of Marietta and co-workers (1988), a decrease in cellularity was found in the spleen, thymus, and bone marrow of ethanol-treated rats. Although the red blood cell count, white blood cell count, and hemoglobin concentration were not significantly different between treatment and control groups, treatment with ethanol altered the relative proportion of lymphocytes and polymorphonuclear leukocytes in the peripheral blood. The granulocyte-macrophage progenitor cells in the bone marrow were unaffected by ethanol treatment, but a significant decline in the number of erythroid progenitor cells was noted in ethanol-treated rats (Marietta et al., 1988). In the study of Doyle and co-workers (1988), the effects of low to moderately high levels of dietary ethanol on complete blood counts over 40 months were examined in 15 primates divided into 3 treatment groups: Controls fed an isocaloric chemically defined liquid diet, and Low and High animals given a diet with vodka substituted isocalorically for carbohydrate at 12 and 24% of total calories. Significant decreases were noted in the High Ethanol group's white blood cell and red blood cell counts, as well as significant increases in their mean corpuscular volume and mean corpuscular hemoglobin (Doyle et al., 1988).

Though our study demonstrated that the red blood cell indices not changed in the blood of mice with acute ethanol-induced intoxication, further studies are required to establish the precise

mechanisms involved in the induction of oxidative stress with ethanol in the erythrocytes of the alcoholic groups to develop novel strategies for the treatment of the alcoholism.

**Mackiv T.<sup>2,3</sup>, Lytkin D.<sup>1</sup>, Shebeko S.<sup>1</sup>, Khoma V.<sup>3</sup>, Martyniuk V.<sup>3</sup>,  
Formanchuk R.<sup>3</sup>, Gnatyshyna L.<sup>2,3</sup>, Stoliar O.<sup>3</sup>**

DISCOVERING METALLOTHIONEIN FUNCTIONS IN THE JOINT TISSUES UNDER  
THE ACUTE CARRAGEENAN-INDUCED GONARTHROSIS

<sup>1</sup>*National University of Pharmacy*

*53, Pushkinska Str., Kharkiv, 61002, Ukraine*

<sup>3</sup>*Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University*

*2, M. Kryvonosa Str., Ternopil, 46027, Ukraine*

<sup>2</sup>*I. Ya. Horbachevsky Ternopil National Medical University*

*1, Maidan Voli, Ternopil, 46001, Ukraine*

*e-mail: Oksana.Stolyar@tnpu.edu.ua*

Metallothioneins (MTs) are low molecular weight, thermostable intracellular proteins which consist of about 30 % of cystein residues. The unique function of metallothionein is devoted to Zn and Cu homeostasis and Cd detoxification. Due to abundant thiols content, it also can be regarded as stress inducible antioxidant. The MTs administration had the immunosuppressive effect in the arthritis model (Sun et al., 2018). However, the presence of the native MTs in the joint tissue was not studied. Therefore the goal of this study was to elucidate the presence of MTs in the joint tissues under the gonarthrosis (GA) model and its relation to the oxidative stress response and Zn distribution.

The acute GA was induced in rats by intra-articular administration of carrageenan and confirmed by the elevated level of sialic acids in the blood. After euthanasia, knee joints were removed surgically. The synovial tissues were homogenized, and the supernatants were used for the biochemical assays. MTs were isolated as the thermostable proteins by size-exclusion chromatography on Sephadex G-50, and Zn concentration in MTs (Zn-MT) and in the tissue was assayed utilizing the reaction of the complexation of Zn(II) with 2-(5-bromo-2-pyridylazo)-5-[N-propyl-N-(3-sulfopropyl) amino]phenol. Total MTs protein (MTSH) concentration was assessed using 5,5'-dithio-bis(2-nitrobenzoic acid) reduction method. The oxidative stress response in the tissue was evaluated from the total antioxidant/ABTS radical scavenging, superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione S-transferase (GST) activities, total glutathione (GSH) concentration, oxidative destruction of proteins (protein carbonyls, PC) and lipids (TBARS). For the analysis of possible neurotoxicity, the cholinesterase (ChE) activity was determined.

It was revealed increased levels of MTSH and Zn-MT (by 79 and 46 %, respectively) in the rats with GA with the elevated part of non-metalated MT (apo-form). This feature can be the consequence of the inability of thiols to accumulate Zn in the thiolate clusters. Misbalance of the antioxidant activities was indicated. Although the ABTS and PC levels did not differ from the control value, the levels of CAT, GSH and GST were decreased by 28-44 %, and SOD activity and TBARS level were increased substantially (by ~twice and 59%, respectively). The significant decrease in CAT activity could indicate the failure to remove H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Similar antioxidant disorders were reported for the patients with rheumatoid arthritis. The insufficient MTs activity towards Zn can be the result or part of the oxidative injury. The severity of the pathology was also evident from the ChE depletion by 30 %. Summarizing, this preliminary study provides the basis for the understanding of the Zn imbalance in the GA and the selection of biochemical markers for the evaluation of adequate pharmacological treatment of knee joint pathologies.

This work has been granted by the Ministry of Education and Science of Ukraine to Oksana Stoliar (Ukrainian-Lithuanian R&D Project No M19/2020).

**Martyniuk V.<sup>1</sup>, Khoma V.<sup>1</sup>, Mackiv T.<sup>1,2</sup>, Nikonchuk A.<sup>1</sup>,  
Formanchuk R.<sup>1</sup>, Gnatyshyna L.<sup>1,2</sup>, Stoliar O.<sup>1</sup>**

MICROPLASTIC INFLUENCE THE EFFECT OF IBUPROFEN ON THE OXIDATIVE  
STRESS AND LYSOSOMAL ACTIVITIES IN THE MODEL ORGANISM

<sup>1</sup> Ternopil National Pedagogical University

2, M. Kryvonosa Str., Ternopil, 46027, Ukraine

<sup>2</sup>I. Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University

1, Maidan Voli, Ternopil, 46001, Ukraine

e-mail: Oksana.Stolyar@tnpu.edu.ua

Nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) belongs to most popular pharmaceutical substances. However, their chronic use at high doses is associated with increased risk for injuries of metabolic active tissues. Moreover, in the reality, they are utilized in the combination with different other substances, derived from diet and personal care contaminants. Microplastic (MP) is internationally recognized as a ubiquitous pollutant with potentially serious consequences in the environment and is used in medical applications. It can sorb other substances, particularly NSAIDs and change their biological activities. However, the combine effect of NSAIDs and microplastic on the organism was not studied yet. Filter feeders, such as bivalve mollusks, are particularly vulnerable to MP ingestion as they are able to feed directly on MPs and accumulate it in the lysosomal compartments. The goal of this study was to elucidate the combine effect of NSAID ibuprofen (IBU) and MP in the environmentally relevant concentrations on the bivalve mollusk, utilizing the multi-marker approach.

Specimens of *Unio tumidus* were collected from two populations from pristine and polluted sites. We treated mollusks with IBU (PJSC SIC Borshchahivskiy CPP, 0.8  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), MP PET (1 mg  $\text{L}^{-1}$  of size < 0.5 mm), or with their combination (IBU-MP) for 14 days. Untreated mussels from both sites were also examined. The antioxidant activity was assessed from the total antioxidant activity (ABTS test), Mn- and Cu,Zn-superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) activities, products of lipid peroxidation (TBARS) and protein carbonyls (PC), metallothionein-related thiols (MT-SH), NADH/NAD<sup>+</sup>. The enzymes of biotransformation, Cyp450-related EROD and glutathione S-transferase (GST) were also analysed. Apoptotic enzymes caspase-3 and cathepsin D (total and its efflux from lysosomes, CTDt and CtDe, respectively), cholinesterase (ChE) and citrate synthase (CS) activities and lysosomal stability (Vitality, V) were also evaluated.

The residents of two populations were distinguished by higher level of antioxidant defense, biotransformation and low caspase-3 activity in the group from the pristine site. The MP-groups were lesser targeted in both populations. In any group, the depletion of V and ChE, TBARS and CAT differences were not detected, but NADH/NAD decrease was the shared manifestation. Most common responses to IBU were enhanced antioxidant defence (ABTS test), ChE and CS activation and depletion of EROD. The decrease of MT-SH and caspase-3 was indicated in the IBU and IBU-MP groups only from pristine site. Particularly, caspase-3 as the novel pharmacological target for NSAIDs was confirmed in this model. On the other hand, V index was increased in IBU-group from the adapted to pollution mussels. In the MP- and IBU-MP-groups, the activation of lysosome-derived index CtDt (by 2-3 times) demonstrated the microplastic impact. The specimens from the polluted site activated Mn- and Cu,Zn-SOD in all exposures. These comprehensive results indicate the valuability of the utilized model to understand the earlier effects of NSAIDs, the modification of pharmaceutical effect by microplastic, and stress the importance initial resistance of the organism depending on its history of population.

This work has been granted by the Ministry of Education and Science of Ukraine to Oksana Stoliar (Ukrainian-Lithuanian R&D Project No M19/2020).

**Nyshchuk R., Triakash I., Kasatkina L.**

THE FEATURES OF MEMBRANE STRUCTURES FUSION UNDER THE ACTION OF LEVETIRACETAM IN THE PRESENCE OF BETA-AMYLOID PEPTIDES 1-40 AND 1-42

*Palladin Institute of Biochemistry of NASU*

*9, Leontovycha str., Kyiv, 01030, Ukraine*

*e-mail: lthekimovskl@gmail.com*

Alzheimer's disease is a neurodegenerative disease that usually starts slowly and progressively worsens. It is the cause of 60–70 % of cases of dementia. The most common early symptom is difficulty in remembering recent events (Burns A. et al, 2009). As the disease advances, symptoms can include problems with language, disorientation (including easily getting lost), mood swings, loss of motivation, self-neglect, and behavioral issues. Gradually, bodily functions are lost, ultimately leading to death. Although the speed of progression can vary, the typical life expectancy following diagnosis is three to nine years (Todd S. et al, 2013).

The cause of Alzheimer's disease is poorly understood. The 1991 amyloid hypothesis postulated that extracellular amyloid beta (A $\beta$ ) deposits are the fundamental cause of the disease (Hardy J. et al, 1991). Support for this postulate comes from the location of the gene for the amyloid precursor protein (APP) on chromosome 21, together with the fact that people with trisomy 21 (Down syndrome) who have an extra gene copy almost universally exhibit at least the earliest symptoms of AD by 40 years of age (Nistor M. et al, 2007).

Levetiracetam is a well-known drug not only with antiepileptic but also with procognitive properties. The glycoprotein SV2A was detected in the synaptic vesicles, which is the site of specific binding of the drug levetiracetam, whose function is to regulate the secretion process at the synapse. It has been shown that the SV2A protein interacts with the cytoplasmic domain of the synaptotagmin protein and together with the proteins of the SNARE complex regulates the process of exocytosis (Richard G. et al, 2010). Syt-1 and 9 proteins, which interact with the amyloid precursor protein and promote A $\beta$  generation and thus play an important role in the pathogenesis of Alzheimer's disease, were also detected on the synaptosome membrane.

The purpose of this work is to evaluate the effect of beta-amyloid peptides 1-42 and 1-40 on the fusion of synaptic vesicles that were isolated from the brain of rats after 13 days of levetiracetam therapy. Rats were divided into 2 groups (6 animals each, Wistar breed, males). Levetiracetam was administered orally to research group once daily (60 mg / kg). The average weight of animals in each group was 340-370 g. The drug was administered in a volume of 100  $\mu$ l. After the therapy, synaptic vesicles were isolated from rat's brain cells.

An assessment of level of fusion of synaptic vesicles was performed by measuring the level of fluorescence of the probe R18. For further research it was necessary to verify the normal functionality of the isolated vesicles. To do this, they were preincubated in acridine orange for 5 min. At the 60th second, a dye was added, which caused a high fluorescence signal. The decrease in the signal indicates the injection of dye by ATPase into the vesicles and confirms their normal functioning. The fusion was initiated by adding  $10^{-5}$  M Ca $^{2+}$

We found that the drug levetiracetam reduces the level of fusion of synaptic vesicles by approx. at 30%. These results are the same as previously obtained in vitro. Therefore, they can be considered reliable.

Adding 5  $\mu$ l of A $\beta$  1-40 to the control samples didn't impact on the results. So it can be considered that A $\beta$  1-40 does not affect the process of synaptic vesicles fusion. Adding the same amount of monomeric A $\beta$  1-42 didn't show any significant effect too. However, after adding oligomeric form of A $\beta$  1-42 the level of fusion was significantly decreased. Levetiracetam together with oligomeric A $\beta$ 42 decrease the level of vesicle fusion.

The results indicate a synergistic effect of levetiracetam and A $\beta$ 42 peptide. Therefore, after levetiracetam therapy, the fusion process of synaptic vesicles is reduced by oligomers of amyloid peptide A $\beta$ 42.

It can be assumed that the mechanism of interaction of levetiracetam with the synaptic vesicle protein SV2A was reproduced. Also in this interaction was involved synaptotagmin, which can affect the amyloid precursor protein and regulate the generation of  $\beta$ -amyloid peptides.

**Stefanowski N., Tkachenko H., Kurhaluk N.**

**BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS IN THE BLOOD OF RAINBOW TROUT AFTER *IN VITRO* TREATMENT BY EXTRACTS DERIVED FROM *CHELIDONIUM MAJUS* L.**

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Slupsk, Poland  
22B, Arciszewski Str., 76-200 Slupsk, Poland*

The study of antioxidant defenses of the plants is essential for evaluating and improving human and animal health. Oxidative stress is generated by an imbalance between reactive oxygen species (ROS) and antioxidants. An excess of ROS leads to the degradation of lipids, proteins, and nucleic acids and thus may lead to the oxidative damage of cells as a consequence of the overexpression of oncogenes, mutagen formation, induction of atherogenic activity, or inflammation. Plants synthesize various low molecular weight compounds with antioxidant properties (Szymanska et al., 2018; Brainina et al., 2019). Many medicinal plants have been investigated for their beneficial use as antioxidants or sources of antioxidants using presently available experimental techniques (Dkhil et al., 2016; Xiao et al., 2018). This study describes the levels of biomarkers of oxidative stress in the blood of rainbow trout after incubation with extracts of Greater celandine (*Chelidonium majus* L., *Papaveraceae*) collected from urban and rural agglomeration.

Greater celandine is a perennial plant growing in regions of moderate climate, on the continents of Europe, Asia, North America, and a part of Northwest Africa. In Poland, it is found across the entire country. celandine is a plant highly praised for its therapeutic potential in western phytotherapy and traditional Chinese medicine (Gilca et al., 2010; Nawrot et al., 2020). Celandine contains more than 20 ingredients including various biologically active isoquinoline alkaloids (Teschke et al., 2012). Crude extracts of *C. majus* (as well as purified compounds derived from it) exhibit a broad spectrum of bioactive properties with a potential for the protection of human health, such as anti-inflammatory, antimicrobial, cytotoxic, analgesic, antioxidant, antiulcer, acetylcholinesterase- and butyrylcholinesterase-inhibitory, and hepatoprotective activities (Williams et al., 2004; Mulubagal and Tsay, 2004; Borneo et al., 2008; Jakovljevic et al., 2013). Nevertheless, the literature information supporting beneficial properties in hepatobiliary disorders from both *in vitro*, *in vivo*, or *ex vivo* studies is still less abundant than case reports on hepatotoxicity. This, quite surprising disparity, should motivate pharmacologists and clinical researchers to do further and more insightful studies to explain the mechanisms of action and pinpoint the most active constituents or their combinations (Zielińska et al., 2018). In the current study, a crude water extract from the Greater celandine was assessed for antioxidant activities using the oxidative stress biomarkers (2-thiobarbituric acid reacting substances as a biomarker of lipid peroxidation, carbonyl derivatives as biomarkers of protein oxidative modification, the total antioxidant capacity) in the rainbow trout blood model.

Plants material were harvested from natural habitats on the territory of the Kartuzy district (54°20'06"N 18°12'05"E) in the Pomeranian province (northern part of Poland). Raw materials were sourced from urban and rural agglomeration. Plant samples (roots and stalks) were thoroughly washed to remove all the attached materials and used to prepare extracts. Freshly collected samples were washed, weighed, crushed, and homogenized in 0.1M phosphate buffer (pH 7.4) (in proportion 1:19, w/w) at room temperature. The extracts were then filtered and used for analysis. All extracts were stored at -20°C until use.

Clinically healthy rainbow trout with a mean body mass of 80-120 g were used in the experiments. Blood was drawn from the dorsal aorta of the animals by sterile syringes. Blood was

stored in tubes with sodium citrate as the anticoagulant and held on the ice until centrifugation at 3,000 rpm for 5 min to remove plasma. The pellet of blood was resuspended in 4 mM phosphate buffer (pH 7.4). A volume of 0.1 ml of the plant extract was added to 1.9 ml of erythrocyte suspension. For positive control, 4 mM phosphate buffer was used. After incubating the mixture at 37°C for 60 min with continuous stirring, it was centrifuged at 3,000 rpm for 5 min.

The level of lipid peroxidation was determined by quantifying the concentration of 2-thiobarbituric acid reacting substances (TBARS) with the Kamyshnikov (2004) method for determining the malonic dialdehyde (MDA) concentration. This method is based on the reaction of the degradation of the lipid peroxidation product, MDA, with 2-thiobarbituric acid at high temperature and acidity to generate a colored adduct that is measured spectrophotometrically. The  $\mu\text{mol}$  of MDA per L was calculated using  $1.56 \cdot 10^5 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  as the extinction coefficient.

The TAC level in the samples was estimated by measuring the 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) level after Tween-80 oxidation. This level was determined spectrophotometrically at 532 nm (Galaktionova et al., 1998). Sample inhibits the  $\text{Fe}^{2+}$ /ascorbate-induced oxidation of Tween 80, resulting in a decrease in the TBARS level. The level of TAC in the sample (%) was calculated concerning the absorbance of the blank sample.

All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test ( $p > 0.05$ ). The significance of differences between the values (significance level,  $p < 0.05$ ) was examined using the Kruskal–Wallis  $H$  test (Zar, 1999). All statistical calculation was performed on separate data from each individual with STATISTICA 13.3 software (StatSoft, Krakow, Poland).

The present study investigated the effect of *C. majus* extracts collected from rural and urban areas on TBARS levels as a biomarker of lipid peroxidation and the total antioxidant capacity in the erythrocyte suspension after incubation with the extracts obtained from stalks and root of *C. majus*. There were significant changes for TBARS level between the value in the untreated samples and erythrocyte suspension after incubation with extracts derived from stalks of *C. majus* collected from rural areas ( $20.17 \pm 3.12 \mu\text{mol/L}$  vs.  $17.95 \pm 0.96 \mu\text{mol/L}$ ). Similarly, TBARS level between the untreated samples and erythrocyte suspension after incubation with extracts derived from stalks of *C. majus* from urban areas was lower by 7.2% ( $20.17 \pm 3.12 \mu\text{mol/L}$  vs.  $18.72 \pm 1.13 \mu\text{mol/L}$ ). Increased levels of TBARS were observed when erythrocytes were incubated with root extract derived from the *C. majus* collected from urban and rural areas ( $21.18 \pm 1.43 \mu\text{mol/L}$  for urban areas,  $22.50 \pm 1.12 \mu\text{mol/L}$  for rural areas) compared to the untreated samples ( $20.17 \pm 3.12 \mu\text{mol/L}$ ).

The level of total antioxidant capacity (TAC) was markedly changed in the erythrocyte suspension incubated with extracts obtained from the stalks and root of *C. majus* collected from urban agglomeration ( $37.25 \pm 0.70 \%$  for the root extracts,  $34.62 \pm 7.25 \%$  for stalks extracts) compared to the untreated samples ( $41.39 \pm 1.84 \%$ ). Similarly, the TAC level was meaningfully changed in the erythrocyte suspension incubated with an extract obtained from the stalks and roots of *C. majus* collected from rural agglomerations ( $33.27 \pm 3.21 \%$  for the root extracts,  $36.68 \pm 3.68 \%$  for stalks extracts) compared to the untreated samples ( $41.39 \pm 1.84 \%$ ).

Thus, extracts obtained from both the stalks and root of *C. majus* collected from either urban and rural agglomerations caused a non-significantly decrease in the total antioxidant capacity after incubation with the erythrocytes of rainbow trout *in vitro*. On the other hand, stalks extracts resulted in a decrease of TBARS level, while root extracts enhanced lipid peroxidation in the erythrocytes of rainbow trout *in vitro*. In conclusion, the antioxidative and pro-oxidative mechanisms of extracts derived from *C. majus* in trout erythrocyte suspension will be further studied in detail. The obtained information may be useful in the clinical usage of plants in medicine, veterinary and intensive aquaculture farming. Finally, these findings justify the traditional uses of *C. majus* for therapeutic purposes.

**Stefanowski N., Tkachenko H., Kurhaluk N.**

**BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS IN THE EQUINE PLASMA  
AFTER *IN VITRO* TREATMENT BY EXTRACTS DERIVED FROM LEAVES  
AND ROOTS OF *CHELIDONIUM MAJUS* L. SAMPLED IN RURAL  
AND URBAN AGGLOMERATIONS OF NORTHERN POLAND**

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Slupsk, Poland  
22B, Arciszewski Str., 76-200 Slupsk, Poland*

Reactive oxygen species (ROS) are normally produced in cell metabolism, but, when the balance between the generation of free radicals and antioxidants defenses is disrupted, they can also take part in a pathological process known as oxidative stress. It may result in cell damage, thus leading to the progression of many types of diseases, as well as aging (Petruk et al., 2018). Plant-derived antioxidants are a large group of natural products with reducing or radical scavenging capacity. Due to their potent preventive as well as therapeutic actions, these compounds receive a great deal of attention not only from scientists but also from pharmacologists and physicians (Szymanska et al., 2018).

Greater celandine (*Chelidonium majus* L., Papaveraceae) is a perennial herbaceous plant, with an upright and spreading stem, large leaves, and yellow flowers collected on the tops of the stems in rare umbel inflorescence. The plant is widely present in Europe and Asia, North America, and a part of Northwest Africa (Jakovljevic et al., 2013). The plant contains, as major secondary metabolites, isoquinoline alkaloids, such as sanguinarine, chelidonine, chelerythrine, berberine, and coptisine. Other compounds structurally unrelated to the alkaloids have been isolated from the aerial parts: several flavonoids and phenolic acids (Colombo and Bosisio, 1996). Secondary metabolites and their derivatives show significant biological and pharmacological properties, such as hepatoprotective, diuretic, spasmolytic. They also exhibited antioxidant, antiallergic, and anticancer effects (Williams et al., 2004; Mulubagal and Tsay, 2004; Borneo et al., 2008; Jakovljevic et al., 2013). In the current study, a crude water extract from the Greater celandine was assessed for antioxidant activities using the oxidative stress biomarkers (2-thiobarbituric acid reacting substances as a biomarker of lipid peroxidation, the total antioxidant capacity) in the equine plasma model.

Plants material were harvested from natural habitats on the territory of the Kartuzy district (54°20'06"N 18°12'05"E) in the Pomeranian province (northern part of Poland). Raw materials were sourced from urban and rural agglomeration. Plant samples (roots and stalks) were thoroughly washed to remove all the attached materials and used to prepare extracts. Freshly collected samples were washed, weighed, crushed, and homogenized in 0.1 M phosphate buffer (pH 7.4) (in proportion 1:19, w/w) at room temperature. The extracts were then filtered and used for analysis. All extracts were stored at -20°C until use.

Eighteen healthy adult horses from the central Pomeranian region in Poland (village Strzelinko, N54°30'48.0" E16°57'44.9"), aged 8.9±1.3 years old, including 6 Hucul pony, 5 Thoroughbred horses, 2 Anglo-Arabian horses, and 5 horses of unknown breed, were used in this study. All horses participated in recreational horseback riding. Horses were housed in individual boxes, with feeding (hay and oat) provided twice a day, at 08.00 and 18.00 h, and water available ad libitum. All horses were thoroughly examined clinically and screened for hematological, biochemical, and vital parameters that were in the reference ranges. The females were non-pregnant. Blood was drawn from the jugular vein of the animals in the morning, 90 minutes after feeding, while the horses were in the stables (between 8:30 and 10 AM). Blood was stored in tubes with sodium citrate as the anticoagulant and held on the ice until centrifugation at 3,000 rpm for 5 min to remove plasma. The pellet of blood was resuspended in 4 mM phosphate buffer (pH 7.4).

A volume of 0.1 ml of the plant extract was added to 1.9 ml of clean equine erythrocytes or 1.9 ml of plasma. For positive control (phosphate buffer) was used. After incubating the mixture at 37°C for 60 min with continuous stirring, it was centrifuged at 3,000 rpm for 5 min. Erythrocytes and plasma aliquots were used in the study.

The level of lipid peroxidation was determined by quantifying the concentration of 2-thiobarbituric acid reacting substances (TBARS) with the Kamyshnikov (2004) method for determining the malonic dialdehyde (MDA) concentration. This method is based on the reaction of the degradation of the lipid peroxidation product, MDA, with 2-thiobarbituric acid at high temperature and acidity to generate a colored adduct that is measured spectrophotometrically. The  $\mu\text{mol}$  of MDA per L was calculated using  $1.56 \cdot 10^5 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  as the extinction coefficient.

The TAC level in the samples was estimated by measuring the 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) level after Tween-80 oxidation. This level was determined spectrophotometrically at 532 nm (Galaktionova et al., 1998). Sample inhibits the  $\text{Fe}^{2+}$ /ascorbate-induced oxidation of Tween 80, resulting in a decrease in the TBARS level. The level of TAC in the sample (%) was calculated concerning the absorbance of the blank sample.

All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test ( $p > 0.05$ ). The significance of differences between the values (significance level,  $p < 0.05$ ) was examined using the Kruskal–Wallis  $H$  test (Zar, 1999). All statistical calculation was performed on separate data from each individual with STATISTICA 13.3 software (StatSoft, Krakow, Poland).

The current study investigated the effect of extracts obtained from the roots and stalks of *C. majus* collected from rural and urban areas on TBARS levels as a biomarker of lipid peroxidation and catalase activity in the equine blood after incubation with the extracts *in vitro* culture. The results of the current study showed that there were significant changes for TBARS level between the values in the untreated erythrocytes and the equine erythrocyte suspensions after incubation with extracts derived from the root of *C. majus* collected from rural areas – ( $15.9 \pm 1.25 \mu\text{mol/L}$  vs.  $10.31 \pm 0.48 \mu\text{mol/L}$ ). There was a 35% ( $p < 0.05$ ) decrease in TBARS level compared to the control samples. Similarly, the TBARS level between the values in the control group and the equine erythrocyte suspensions after incubation with extracts derived from the root of *C. majus* collected from urban areas was ( $15.9 \pm 1.25 \mu\text{mol/L}$  vs.  $10.53 \pm 0.37 \mu\text{mol/L}$ ). There was a 34% ( $p < 0.05$ ) decrease in TBARS level compared to the control samples. Decreased of TBARS levels were also observed when erythrocytes were incubated with extracts derived from *C. majus* stalk parts collected both urban and rural areas, i.e.  $15.9 \pm 1.25 \mu\text{mol/L}$  vs.  $12.63 \pm 0.68 \mu\text{mol/L}$  for urban areas,  $15.9 \pm 1.25 \mu\text{mol/L}$  vs.  $13.69 \pm 1.87 \mu\text{mol/L}$  for rural areas, respectively. There was a 21% ( $p < 0.05$ ) decrease in TBARS level for extracts derived from *C. majus* stalk parts collected from urban areas and a 14% ( $p > 0.05$ ) decrease for extracts derived from *C. majus* stalk parts collected from rural agglomerations compared to the untreated samples.

The level of total antioxidant capacity was statistically changed in the equine plasma suspension incubated with extracts obtained from the leaves and roots of *C. majus* collected from urban agglomerations ( $25.83 \pm 2.37 \%$  vs.  $39.88 \pm 5.61 \%$  for the root extracts,  $25.83 \pm 2.37 \%$  vs.  $37.87 \pm 5.62 \%$  for leaf extracts of *C. majus*). Similarly, the TAC level was statistically changed in the equine plasma suspension incubated with an extract obtained from the leaves and roots of *C. majus* collected from rural agglomerations ( $25.83 \pm 2.37 \%$  vs.  $43.07 \pm 3.04 \%$  for the root extracts,  $25.83 \pm 2.37 \%$  vs.  $36.89 \pm 3.68 \%$  for leaf extracts of *C. majus*).

Results of the current study revealed celandine extracts collected from both urban and rural agglomerations reduced the level of lipid peroxidation in the equine blood. The protective effect of *C. majus* extract is evident by amelioration in the total antioxidant capacity with suppression of lipid peroxidation biomarker (TBARS level). The pronounced effect of *C. majus* extract,

probably, could be attributed to its secondary metabolites content, e.g. alkaloids, polyphenols, and flavonoids contents. Further investigations need to be carried out to isolate and identify the antioxidant compounds present in the plant extracts.

**Szmyjda S., Tkachenko H.**

**TOTAL ANTIOXIDANT CAPACITY IN THE BLOOD OF PATIENTS  
WITH DIABETES MELLITUS TYPE 2 AGED 45-75 YEARS OLD**

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Slupsk  
22b, Arciszewski Str., 76-200 Slupsk, Poland*

Oxidative stress is the result of an imbalance between the production of the highly reactive oxygen (ROS) and nitrogen (RNS) species and the counteractive activity of the enzymatic antioxidant defenses (Chikezie et al., 2015; Daenen et al., 2019). Oxidative stress determines structure modifications and function modulation in nucleic acids, lipids, and proteins. Oxidative degradation of lipids yields malondialdehyde and 4-hydroxynonenal, but also isoprostanes, from unsaturated fatty acids. Protein damage may occur with thiol oxidation, carbonylation, side-chain oxidation, fragmentation, unfolding, and misfolding, resulting in activity loss. 8-hydroxydeoxyguanosine is an index of DNA damage (Pisoschi and Pop, 2015).

The role of oxidative stress in the occurrence and development of diabetes mellitus is both critical and pivotal (Maritim et al., 2003; Ighodaro, 2018). The key role in increasing the intensity of oxidative stress in the course of diabetes mellitus type 2 plays long-term, uncontrolled hyperglycemia which is responsible for the ROS elevation in serum along several pathways: (1) increased glycolysis, (2) glucose autoxidation, (3) intercellular activation of polyol pathway, (4) activation of NADPH oxidase in protein kinase C dependent pathway, (5) increased hexosamine pathway flux, (6) non-enzymatic protein glycation, (7) increased intracellular formation of advanced glycation end products (AGEs) and (8) increased expression of the receptor for AGEs and its activating ligands (Hammes et al., 1997; Giacco et al., 2010; DiNaso et al., 2011; Chikezie et al., 2015). Besides that, long-term hyperglycemia causes inflammation in the body which result in elevated expression of acute-phase proteins and increased concentration of ROS, mainly superoxide anion, hydroxyl radical, and hydrogen peroxide (Sena et al., 2013; Oh et al., 2017; Gumprecht et al., 2017; Kalbarczyk et al., 2018; Szmyjda et al., 2020; Szmyjda and Tkachenko, 2021). Hyperglycemia also significantly affects the impairment of the body's antioxidant defense system by deactivating antioxidant enzymes, in particular, superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and glutathione peroxidase (GPx) (Ullah, 2015; Fatani et al., 2016; Szmyjda et al., 2019, 2020; Szmyjda and Tkachenko, 2021).

All the above-mentioned processes, acting synergistically, lead to increased susceptibility of cells to the destructive effects of ROS. As a result of these processes, the oxidative balance of the organism is disturbed, and a further increase in the concentration of free radicals (due to the deactivation of antioxidant enzymes) leads to the destruction of cellular structures, especially cell membranes (in the processes of lipid peroxidation or oxidative modification of proteins) and nucleic acids. Also, ROS disrupt gene expression, as well as cell signal transduction by destroying proteins involved in the cell signaling pathway. Toxic products of oxidative processes (including malonic dialdehyde with high biological activity) exhibit cytotoxic, cytostatic, and carcinogenic effects (Lipiński, 2001; Memisogullari et al., 2003; Braunwald, 2008; Kulbacka et al., 2009; Everett et al., 2015; Mandal et al., 2019; Szmyjda et al., 2019, 2020; Szmyjda and Tkachenko, 2021).

DeFronzo (2009) in his research on type 2 diabetes and hyperglycemia, identified eight major factors in the pathogenesis of diabetes mellitus and called them the "sinister octet": (1) increased hepatic glucose production (HGP) due to the intensification of gluconeogenesis resulting from the insensitivity of liver tissues to insulin; (2) increase in basal glucagon in

patients with type 2 diabetes and the effect of other factors on the increase in the secretion of this hormone by pancreatic  $\alpha$  cells; (3) reduction of insulin secretion by pancreatic  $\beta$  cells; (4) attenuated incretin effect resulting from disorders in incretin secretion: decreased Glucagon-like peptide-1 (GLP-1) secretion and impairment of a glucose-dependent insulinotropic polypeptide (GIP), which leads to increased glucagon secretion and HGP suppression disorders; (5) increased lipolysis resulting from the insensitivity of adipocytes to the anti-lipolytic action of insulin, which in turn leads to an increase in serum free fatty acids and lipotoxicity; (6) increased glucose reabsorption in the kidneys due to an increase in the sodium-glucose cotransporter 2 (SGLT2) transporter concentration and an increase in glucose reabsorption capacity; (7) reduced hepatic and glucose uptake; (8) neurotransmitter dysfunction at appetite regulation centers due to chronic hyperinsulinemia (DeFronzo, 2009).

There is a need to continue to explore the relationship between oxidative stress, diabetes, and its complications, and to elucidate the mechanisms by which increased oxidative stress accelerates the development of diabetic complications, to expand treatment options (Maritim et al., 2003). Thus, the current study aimed to assess the total antioxidant capacity (TAC) in the blood (plasma and erythrocytes) of males and females with diabetes mellitus type 2 aged 45-75 years old.

A total of 85 patients (44 females and 41 males) with type 2 diabetes mellitus between 45 and 75 years old were studied. Then they were divided into 2 groups depending on sex. A detailed medical history was taken, and a physical examination was performed on all participants. The Research Ethics Committee of Regional Medical Hospital in Gdańsk (Poland) approved the study (KB-21/19), by the principles described in the Declaration of Helsinki. All patients provided written informed consent before the start of the study procedures. Participants included in the current study were selected according to the following criteria: first, they were diagnosed with type 2 diabetes mellitus patient; second, they were free of any ailment which could affect the parameters under study. Hemolytic anemia, hemoglobin variants, hepatic disease, and infectious diseases, such as tuberculosis and sarcoidosis, were excluded from the study. Blood samples were collected into commercial tubes after overnight fasting for the analysis of laboratory parameters. Venous blood samples (5 mL) were obtained from the capital vein of each participant using sterile disposable plastic syringes. Specimens were collected at the same standardized time to minimize any effect of diurnal variation. The blood samples in the tubes were left to clot and the serum was separated by centrifugation. The clear, non-hemolyzed supernatant sera were separated using clean, dry disposable plastic syringes. Erythrocyte samples were stored at +4°C and used within 2 days for the analysis of TAC.

The TAC level in the sample was estimated by measuring the 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) level after Tween 80 oxidation. This level was determined spectrophotometrically at 532 nm (Galaktionova et al., 1998). Sample inhibits the  $\text{Fe}^{2+}$ /ascorbate-induced oxidation of Tween 80, resulting in a decrease in the TBARS level. Briefly, 0.1 mL of sample was added to 2 mL of 1% Tween 80 reagent, 0.2 mL of 1 mM  $\text{FeSO}_4$ , and 0.2 mL of 10 mM ascorbic acid. In the blank assay, 0.1 mL of distilled water was used instead of the sample. The mixture was heated in a water bath for 48 hrs at 37°C. After cooling, 1 mL of 20% trichloroacetic acid was added. The mixture was centrifuged at 3000 g for 10 min. After centrifugation, 2 mL of supernatant and 2 mL of 0.25% 2-thiobarbituric acid were mixed. The mixture was heated in a water bath at 95°C for 15 min. The absorbance of the obtained solution was measured at 532 nm. The absorbance of the blank was defined as 100%. The level of TAC in the sample (%) was calculated concerning the absorbance of the blank sample.

The mean  $\pm$  S.E.M. values were calculated for each group to determine the significance of the intergroup difference. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-

Smirnov and Lilliefors test ( $p > 0.05$ ). The significance of differences between the total antioxidant capacity level (significance level,  $p < 0.05$ ) was examined using the Kruskal-Wallis test (Zar, 1999). All statistical calculation was performed on separate data from each individual with STATISTICA 8.0 software (StatSoft, Krakow, Poland).

Results of our study revealed that higher levels of TAC were found (both in the healthy patients and patients with diabetes mellitus, in both sexes) in erythrocytes than in plasma. It confirms the cited studies indicating that cells are most exposed to the adverse effects of ROS, as the level of enzymatic antioxidant defense is significantly higher in RBC than in plasma (Srouf et al., 2000; Küçükdiler et al., 2019; Turpin et al., 2020). There was also a significant decrease ( $p < 0,05$ ) in the TAC level of the erythrocytes of diabetic women compared to the healthy group. Therefore, it can be concluded that diabetes and related hyperglycemia reduce the TAC level, especially in women (Adab et al., 2019; Liao et al., 2019). A similar relationship was not observed in the male group. The reasons for this state are to be found in the physiological differences between men and women, the duration of the disease, and thus the exposure to long-term hyperglycemia, and various individual adaptive abilities (Lhommeau et al., 2011; Psaltopoulou et al., 2011; Francescato et al., 2014; Kashino et al., 2019). In the tested plasma, a significant increase ( $p < 0,05$ ) in the TAC level was observed in the patients with diabetes mellitus as compared to the healthy group, both in women and men. This means that hyperglycemia in diabetes mellitus type 2 increases the level of oxidative stress in plasma, inducing an antioxidant enzymatic response to counteract it.

In conclusion, long-term, uncontrolled hyperglycemia in the course of type 2 diabetes has a destructive effect on the body at the cellular and molecular level, mainly by increasing the concentration of ROS and reducing the activity of antioxidant enzymes and the total antioxidant capacity. The current study confirmed higher oxidative stress and hence increased plasma TAC levels, in both diabetic women and men, which was not observed in the healthy group. Also, a decrease in the TAC level in erythrocytes was found, but only in the female group confirming the fact that long-term hyperglycemia in the course of diabetes interferes with the activity of antioxidant enzymes.

**Tkachenko H., Kurhaluk N.,**

**EFFECT OF LEAD NITRATE ON THE LIPID HYDROPEROXIDE LEVELS  
IN DIFFERENT ORGANS OF MALE RATS**

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Slupsk, Poland  
22b, Arciszewski Str., 76-200 Slupsk, Poland  
e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

It is well documented that lead can cause adverse health effects that include neurotoxicity, nephrotoxicity, and deleterious effects on the hematological and cardiovascular systems (ATSDR, 2007). Decades of research characterizing the toxicology of lead have shown it to be a potent neurotoxicant, especially during nervous system development (White et al., 2007). The main body compartments that store lead are the blood, soft tissues, and bone; the half-life of lead in these tissues is measured in weeks for blood, months for soft tissues, and years for bone. Within the brain, lead-induced damage in the prefrontal cerebral cortex, hippocampus, and cerebellum can lead to a variety of neurological disorders, such as brain damage, mental retardation, behavioral problems, nerve damage, and possibly Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and schizophrenia (Liu et al., 2013). Both acute and chronic nephropathy can occur as a result of lead poisoning (Perazella, 1996). Acute renal failure develops following acute lead intoxication and is often associated with gastrointestinal, neurologic, and hematologic disorders. Both blood and urinary laboratory abnormalities are associated with acute intoxication and are often diagnostic. Chronic lead nephropathy, chronic tubulointerstitial nephritis on biopsy, occurs in the setting of long-term lead exposure and is often associated with hypertension and gout (Perazella, 1996).

Lead is known to have toxic effects on membrane structure and functions (Donaldson and Knowles, 1993). On the cell membrane, the presence of double bonds in the fatty acid weakens the C–H bonds on the carbon atom adjacent to the double bonds and makes H removal easier. Therefore, fatty acids containing zero to two double bonds are more resistant to oxidative stress than are the polyunsaturated fatty acids with more than two double bonds (Gurer and Ercal, 2000). After incubation of linoleic, linolenic, and arachidonic acid with lead, the concentration of a final product of oxidative stress, malondialdehyde was increased with the number of double bonds of fatty acid (Yiin and Lin, 1995; Ahamed and Siddiqui, 2007).

Another mechanism for lead-induced membrane oxidative damage is the effect on changes in the fatty acid composition of the membrane (Knowles and Donaldson, 1990). Because fatty acid chain length and unsaturation are associated with membrane susceptibility to peroxidation, lead-induced arachidonic acid elongation might be responsible for the enhanced lipid peroxidation in the membrane (Lawton and Donaldson, 1991). By causing lateral phase separation and/or by increasing lipid peroxidation rates, lead could affect membrane-related processes such as the activity of membrane enzymes, endo- and exocytosis, the transport of solutes across the bilayer, and signal transduction processes (Adonaylo and Oteiza, 1999). Thus, the altered lipid composition of membranes due to lead exposure may result in altered membrane integrity, permeability, and function. These would increase the susceptibility to lipid peroxidation (Ahamed and Siddiqui, 2007). In the present investigation, an attempt has been made to study the effect of lead on the lipid peroxidation process in different organs of rats. We aimed to make clear whether lead could cause damage to membrane lipids in different organs of rats. In this study, liver, heart, brain, kidney, and lung were used.

Male white rats (180-220 g) were used in the study. The animals (six per group) had free access to food and water throughout the experiments. All procedures were done by guidelines for the care and use of animals in scientific research. Rats were randomly assigned into two groups. Group 1 (untreated control, n = 6) served as control and received a daily dose of sterile normal saline solution for 30 days through an oral route. Group 2 (Pb group, n = 6) received daily 3.6 mg lead nitrate/kg body weight suspended in distilled water through an oral route. All drugs were freshly prepared. Tissues were removed from rats after decapitation. One rat was used for each homogenate preparation. Briefly, organs (liver, heart, kidney, brain, and lungs) were excised, weighed, and washed in the ice-cold buffer. The minced tissue was rinsed clear of blood with cold isolation buffer and homogenized in a glass Potter-Elvehjem homogenizing vessel with a motor-driven Teflon pestle on ice. The isolation buffer contained 120 mM KCl, 2 mM  $K_2CO_3$ , 10 mM HEPES, and 1 mM EGTA; a pH of 7.2 was adjusted with KOH.

Lipid hydroperoxides level assay was described by Kamyshnikov (2004). To 0.2 mL homogenate was added 4 mL “heptane-isopropanol” mixture and vortexed vigorously. Then 1 mL of HCl (pH 2.0), and 2 mL of heptane reagent were added, vortexed, and centrifuged at 2000 rpm for 5 min. The lipid hydroperoxides level was read spectrophotometrically at 233 nm. In a blank sample, a mixture without homogenate was used. The lipid hydroperoxides level was expressed as  $A_{233}$  per mg protein. Protein determinations were performed according to the method described by Bradford (1976).

Results are expressed as mean  $\pm$  the standard error of the mean (S.E.M.). All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov test ( $p > 0.05$ ). To find significant differences (significance level,  $p < 0.05$ ) between control and lead groups, the Mann-Whitney U test was applied to the data (Zar, 1999). All statistical analyses were performed using STATISTICA 13.3 software (StatSoft, Krakow, Poland).

Results of the current study revealed that the lead exposure increased lipid hydroperoxides level in the liver and heart by 189% ( $p < 0.05$ ) and 55% ( $p < 0.05$ ), respectively. Lipid

hydroperoxides level was higher in the kidney, brain, and lungs of lead-exposed rats (by 148%, 112%, and 81%,  $p < 0.05$ , respectively) compared to those controls. The liver is the primary organ site for xenobiotic metabolism. In most cases, the metabolic process is accomplished without injury to the liver itself, whereas many inorganic or organic lead compounds are toxic that can cause liver injury (Mudipalli, 2007). Accumulating evidence has shown that lead causes oxidative stress by inducing the generation of ROS, including hydroperoxides, singlet oxygen, hydrogen peroxide, and superoxide (Guilarte, 1997; Savolainen et al., 1998; Zhang et al., 2004; Sivaprasad et al., 2004; Jurczuk et al., 2007). ROS could cause the damages of DNA, proteins, and lipids within cells, which resulted in tissue injury (Zhang et al., 2009). In toxic metal treated animals, the histological changes of the liver, such as structure damage, hepatocellular necrosis, leukocyte infiltration, and massive hemorrhage, had been observed (Campana et al., 2003; Jihen et al., 2008; Liu et al., 2010).

Our study is in agreement with investigations indicated that elevation in the levels of severe oxidative stress biomarkers could be observed in the liver of lead-treated rodents (Zhang et al., 2004; Sivaprasad et al., 2004; Jurczuk et al., 2007). Malonic dialdehyde (MDA) and lipid hydroperoxides are oxidative stress markers. Many studies reported that lead exposure induced an increase of MDA level in the liver (Ghosh et al., 2009; Bhatt and Flora, 2009; Vicente-Sánchez et al., 2008; Kebieche et al., 2009) and changes in the fatty acid composition of the membrane (Knowles and Donaldson, 1990). It was deduced that lead-induced arachidonic acid elongation might be due to the enhanced lipid peroxidation in the membrane because fatty acid chain length and unsaturation are associated with membrane susceptibility to peroxidation (Lawton and Donaldson, 1991). In our previous study, lead exposure led to a significant increase of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) levels in rats with high resistance to hypoxia indicating lead-induced hepatic and renal oxidative stress (Tkachenko and Kurhaluk, 2011). In the present study, levels of lipid hydroperoxides were markedly increased in lead-treated rat tissues as compared with the controls, which indicated that lead exposure had induced oxidative stress. The liver was more sensitive to lead toxicity.

*The authors are grateful to The Polish National Commission for UNESCO for supporting our study.*

## БОТАНІКА ТА ІНТРОДУКЦІЯ РОСЛИН BOTANY AND PLANTS INTRODUCTION

**Андрейчук Р.**

### АНАТОМІЧНА СТРУКТУРА ТА РОЗКРИВАННЯ ПЛОДУ *CAMPANULA RAPUNCULUS* L.

*Львівський національний університет імені Івана Франка*  
*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*  
*e-mail: roksolana\_roksa@i.ua*

**Andreychuk R.** ANATOMICAL STRUCTURE AND DEHISCENCE OF THE FRUIT IN *CAMPANULA RAPUNCULUS* L. The capsule in *Campanula rapunculus* is obovate, multi-seeded, trilocular with triangular central column, and elongated bilobed placentas. It opens with three pits in the upper portion of the fruit wall. Axicornes, the lignified strands of the septas, are trapezium-shaped and located horizontally in the upper part of the fruit. Anatomical structure and dehiscence of the fruit in *C. rapunculus* is similar to *Campanula patula* L., except the size of sepals, location and shape of the axicornes.

Плоди представників роду *Campanula* L. – нижні коробочки, які характеризуються розкриванням на різній висоті за допомогою аксикорнів, – локально здерев’янілих ділянок перегородок зав’язі, які в міру висихання плоду скручуються, формуючи півкруглі отвори у стінці зав’язі (Колаковский, 1995). *Campanula rapunculus* L. належить до секції *Rapunculus* L. (Fourr.) Boiss. роду *Campanula* (Дремлюга, 2013). Дані про внутрішню структуру гінецею і анатомію оплодня, які важливі для встановлення напрямів еволюції плоду, залишаються невивченими. Зрілий плід у *C. rapunculus* – видовжено-оберненояйцеподібна, багатонасінна, ребриста, суха коробочка, яка розкривається за допомогою дрібних отворів у верхній частині плоду. Довжина зрілого плоду 0,7-1,2 см, діаметр 0,6 см. Чашолистки довгі, вузьколанцетні, при плоді направлені вгору. Стінка плоду дуже тонка, в ній сильно вип’ячені 10 жилок на радіусах чашолисток і пелюсток. Коробочка в перерізі трикутна, тригніздна, з центральною колонкою. У верхній частині гнізд зав’язі наявна дволопатева плацента з закрученими лопатями, які звисають донизу. Гнізда розділені тонкими перегородками, які в місці приєднання аксикорнів вкорочені. Аксикорни займають лише верхню частину плоду, спрямовані майже горизонтально, на поперечних зрізах мають форму трапеції. Здерев’яніла тканина аксикорнів не продовжується на стінку зав’язі, таким чином, в оплодні немає механічних тканин, крім елементів провідних пучків. Структура плоду *C. rapunculus* дуже подібна до структури плоду *Campanula patula* L. (Андрейчук, 2018). Відмінними є розмір чашолисток, розміщення і форма аксикорнів, які у *C. patula* спрямовані косо вгору.

**Ачкасов Д.**

### ПЕРША В УКРАЇНІ ЗНАХІДКА ГРИБА *SKELETOCUTIS NEMORALIS* A. KORHONEN & MIETTINEN З НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «МЕЗИНСЬКИЙ»

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*  
*майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна*  
*e-mail: danil.achkasov15@gmail.com*

**Achkasov D.** THE FIRST IN UKRAINE FIND OF *SKELETOCUTIS NEMORALIS* A. KORHONEN & MIETTINEN FROM THE NATURE NATIONAL PARK “MEZYNSKYI”. Based on the study of micromorphology and nucleotide sequence of the ITS region rDNA, the specimen CWU Мус АВ 774 from Chernihiv region was identified by us as *Skeletocutis nemoralis* A. Korhonen & Miettinen.

*Skeletocutis* Kotlába & Pouzar (Agaricomycetes, Basidiomycota, Fungi) є доволі великим і поширеним родом трутових грибів. Він об'єднує види з розпростертими або напіврозпростертими, світлозбарвленими (білими, вохряними, рожевими або ліловими) плодовими тілами з добре вираженим стерильним краєм. На рівні мікоморфології рід характеризується ди- або тримітичною гіфальною системою та відсутністю цистид (є лише цистидіоли); його спори гіалінові, від циліндричної до еліпсоподібної форми. Серед його представників є як ксилотрофні, так і мікофільні види. Згідно з монографією "Poroid fungi of Europe", станом на 2014 р. у Європі було відомо 20 видів роду *Skeletocutis* (Ryvarden, Melo, 2014).

Останнім часом в систематиці грибів дедалі частіше використовують молекулярно-генетичні методи досліджень. Як приклад, у 2018 р. групою мікологів було ревізовано вид *Skeletocutis nivea*. На основі аналізу послідовностей нуклеотидів в генах рибосомальної ДНК (ITS-LSU) авторами було доведено, що насправді це великий комплекс споріднених видів. У своїй статті вони описали 13 нових видів, серед яких *Skeletocutis nemoralis* (Korhonen et al., 2018).

*Skeletocutis nemoralis* характеризується однорічними плодовими тілами, які майже повністю розпростерті по субстрату. Стерильний край базидіоми добре виражений особливо в ресупінантній частині. Збарвлення варіює від білого або кремового у молодому стані до темно-вохряного у старому. Пори дрібні, (6–)7–8(–10) на мм. Гіфальна система димітична. Базидіоспори (2,8–)2,9–3,2(–4,0)Ч(0,4–)0,5–0,6(–0,7) мкм. Розвивається на сильно зруйнованій деревині, переважно *Fraxinus excelsior* L. (Korhonen et al., 2018).

У ході опрацювання зразків, зібраних О. Ю. Акуловим 4–6 серпня 2020 р. на території Національного природного парку "Мезинський" (Коропський р-н, Чернігівська обл.), нами було виявлено невідомого представника *Skeletocutis nivea*-комплексу, який за макроморфологічними ознаками добре відповідав діагнозу *S. nivea sensu stricto*, але за мікро-морфологічними був подібним до *Skeletocutis percandida* (Malençon & Bertault) Jean Keller та *S. nemoralis*. За послідовністю нуклеотидів ITS ділянки рибосомальної ДНК наш зразок з Мезинського НПП виявився на 100% подібним до типового зразка *Skeletocutis nemoralis* A. Korhonen & Miettinen (<https://www.mycobank.org>).

Станом на цей час *S. nemoralis* характеризується найбільшою кількістю знахідок з країн Скандинавії, але виявлений також у деяких країнах центральної Європи, Великій Британії, Габоні, Ірані та Японії (<http://www.gbif.org>; Korhonen et al., 2018). В Україні був знайдений уперше. Досліджений зразок передано до наукового мікологічного гербарію Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (CWU Мус) за номером АВ 774.

**Бєласва Я., Любінська А.**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСУХОСТІЙКОСТІ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ BEGONIA L.  
В УМОВАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ**

Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України  
вул. Тімірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна  
e-mail: yana100@ukr.net

**Bielaieva Ya., Liubinska A. STUDY OF DROUGHT RESISTANCE OF REPRESENTATIVES OF THE GENUS BEGONIA L. IN CONDITIONS OF PROTECTED SOIL.** The value of water deficit and the water-holding capacity of eight *Begonia* L. species were studied. The smallest rate of water loss was noticed for species with specialized moisture storage organs growing under harsh climatic conditions: *B. dichotoma* Jacq., *B. hirtella* Link and *B. dregei* Otto & Dietr., except *B. venosa* Skan ex Hook.f. The average level of water-holding capacity was exhibited by *B. obliqua* L. and *B. subvillosa* Klotzsch. The lowest rate of water-holding capacity was ob-

served in *B. cucullata* Willd. and *B. mollicaulis* Irmsch. In all studied species, the ratio between accumulation and consumption of water varies considerably over the course of a year.

Процеси надходження, пересування та витрати води рослинним організмом складають водний баланс рослин. Дисбаланс між надходженням води до рослини та її витратами призводить до водного дефіциту. Водний дефіцит має істотний вплив на процеси фотосинтезу, що знижує продуктивність рослин загалом (Мусієнко, 2001).

Результати наших досліджень свідчать про високу оводненість тканин листків усіх видів бегоній. У *B. hirtella*, *B. mollicaulis* та *B. obliqua* показник оводненості варіює в межах 60–70 % від сирої маси. У видів *B. cucullata*, *B. dichotoma*, *B. dregei*, *B. subvillosa* та *B. venosa* вміст води перевищує 80 % (Белаєва, 2019). Це свідчить про наявність у листках достатньої для життєдіяльності рослин запасу води за умов браку вологи. Адже у досліджених видів бегоній епідермальна тканина виконує функцію запасання вологи, що дає змогу пережити нетривалі періоди посухи.

Водний дефіцит виникає внаслідок перевищення витрат води на транспірацію над надходженням з ґрунту, особливо в найжаркіші дні. Наслідки водного дефіциту в рослинному організмі можуть бути різноманітні. Водний дефіцит має істотний вплив на ряд фізіологічних процесів, що знижує в цілому продуктивність рослин (Макаренко, 2013).

Найвищий числовий показник водного дефіциту зафіксовано у *B. cucullata*, *B. mollicaulis*, *B. obliqua* та *B. subvillosa*, які не мають спеціалізованих органів запасання вологи. За шкалою оцінки параметрів водного режиму відповідає середньому рівню посухостійкості. Найнижчий показник зафіксовано у видів, що мають спеціалізовані органи запасання вологи: *B. dichotoma*, *B. dregei*, *B. hirtella* та *B. venosa*. За шкалою оцінки водного режиму відповідає високому рівню посухостійкості.

Водоутримувальна здатність використовується як основний показник стійкості рослин до умов нестачі вологи. Вона характеризується швидкістю водовіддачі ізольованих листків. Найменша швидкість втрати води листками відмічена у видів, що мають спеціалізовані органи запасання вологи і зростають в жорстких кліматичних умовах: *B. hirtella* та *B. dregei*, за винятком *B. venosa* (листяний сукулент). Проміжне положення займали *B. obliqua* та *B. subvillosa*, листові пластинки яких вкрита трихомами, а продихові клітини зібрані у кластери. Найнижчі показники вологоутримувальної здатності спостерігалися у *B. cucullata* та *B. mollicaulis*, листові пластинки яких гола, продихи зібрані у кластери. За шкалою оцінки водного режиму показник водоутримувальної здатності всіх модельних видів відповідає високому та середньому рівню посухостійкості.

Встановлено, що у місцях природного зростання для досліджених видів характерною ознакою є наявність періодів нестачі та накопичення вологи. У всіх модельних видів співвідношення між надходженням і витратами вологи суттєво змінюються протягом року.

### Бойчук С.

#### ВІТАЛІТЕТНА СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЙ *MUSCARI BOTRYOIDES* (L.) MILL. (*ASPARAGACEAE* JUSS.) В УКРАЇНІ

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Федьковича, 11, м. Чернівці, 58022, Україна  
e-mail: svitlanabojchuk95@gmail.com

**Boichuk S. VITALITY STRUCTURE OF *MUSCARI BOTRYOIDES* (L.) MILL. (*ASPARAGACEAE* JUSS.) POPULATIONS IN UKRAINE.** Vitality structure of eight *M. botryoides* populations are studied. Vitality of *M. botryoides* individuals is determined by the following features: first leaf length, bulb width, inflorescence length, number of flowers in the inflorescence. Medium vitality individuals dominated in most populations. According to the vitality structure, six populations are prosperous and two are depressed.

Віталітетна структура демонструє співвідношення в популяціях особин різних класів життєвості. Під життєвістю розуміють біотично зумовлену різноякісність особин, від якої залежить реалізація ростових і продуктивних процесів, ефективність використання ресурсів і стійкість до дії стресових чинників. Особливої ваги такі дослідження набувають під час вивчення рідкісних і зникаючих видів, одним з яких є *Muscari botryoides* (L.) Mill.

*M. botryoides* – середньо-південноєвропейський вид, поширений у країнах Кавказу, Центральної та Південно-Східної Європи. Для України це рідкісний, ендемічний таксон, який перебуває на північно-східній межі ареалу, занесений до третього видання «Червоної книги України» (2009) з природоохоронним статусом «зникаючий»; трапляється на Закарпатті та Передкарпатті.

Дослідження проводили протягом польового сезону 2019 р. у 8-ми популяціях *M. botryoides* (Популяція I – Івано-Франківська обл., Снятинський р-н, окол. с. Вишнівка, урочище «Берези», луки; Популяція II – Івано-Франківська обл., Снятинський р-н, окол. с. Красноставці, ботанічна пам'ятка природи місцевого значення урочище «Сивулька бита», луки; Популяція III – Івано-Франківська обл., Городенківський р-н, окол. с. Пробабин, лучно-степові схили; Популяція IV – Івано-Франківська обл., Галицький р-н, окол. с. Поділля, урочище «Щолби», луки; Популяція V – Чернівецька обл., Сторожинецький р-н, північні окол. с. Костинці, правий берег потоку Лупін, урочище «За Бучмою», луки; Популяція VI – Закарпатська обл., Тячівський р-н, окол. смт Буштино, вторинні угруповання з *Robinia pseudoacacia*; Популяція VII – Закарпатська обл., Тячівський р-н, окол. смт. Буштино, урочище «Мочарка», розріджений рівнинний дубовий ліс; Популяція VIII – Закарпатська область, Виноградівський р-н, південна окол. с. Холмовець, ботанічний заказник місцевого значення «Холмовецька гора», дубовий ліс).

Віталітетний аналіз популяцій проводили згідно з методикою розробленою Ю. А. Злобіним та доповненою А. Р. Ішбірдіним (Злобін, 1989; Ішбірдин, Ішмуратова, Жирнова, 2005). Статистичну обробку даних проводили з використанням програм Microsoft Excel 2016 за загальноприйнятими методиками (Зайцев, 1973; Лакин 1990).

Згідно з результатами дослідження, до числа ознак, які детермінують віталітет особин *M. botryoides* належать: довжина 1-го листка, ширина цибулини, довжина суцвіття та кількість квіток у суцвітті. У більшості досліджуваних популяцій домінують особини середнього рівня життєвості, що свідчить про відносно низьку внутрішньовидову конкуренцію. За віталітетною структурою 6 з 8-ми популяцій відповідають процвітаючому якісному типу, а дві – депресивному. Згідно із показником Iq найвищий рівень життєвості характерний для популяцій III, V та VIII (Iq = 2,00, 2,28, 2,28 відповідно). Найнижчий віталітет властивий популяціям IV та VII (Iq = 0,85, 0,89 відповідно). Для однозначних висновків щодо віталітетної структури досліджуваних популяцій і прогнозування їхньої динаміки в майбутньому необхідний подальший моніторинг.

### **Борисенко Т., Лимар В.**

#### **ЗНАХІДКИ ЦИФЕЛОЇДНИХ ГРИБІВ З ТЕРИТОРІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ЯВОРІВСЬКИЙ» (РОЗТОЧЧЯ, УКРАЇНА)**

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна  
e-mail: danil.achkasov15@gmail.com*

**Borisenko T., Lymar V.** THE RECORDS OF CYPHELLOID FUNGI FROM THE TERRITORY OF THE YAVORIVSKY NATIONAL NATURE PARK (ROZTOCHCHIA, UKRAINE). Brief characteristic of cyphelloid fungi – a little-known group of fungi and information about 7 species are given. The work combines literature data, as well as the results of processing herbarium specimens collected by Dr. O. Yu. Akulov in October 2019.

Цифелоїди (cyphelloid fungi) є однією з малодосліджених життєвих форм базидієвих грибів (Basidiomycota R. T. Moore). Вони характеризуються дрібними чашоподібними, дзвоноподібними або трубчастими плодовими тілами з гладеньким або складчастим гіменофором. Їхні розміри зазвичай варіюють від 0,2 до 10 мм, хоч у окремих представників, т. зв. поліцифелоїдів, зростаються у більші за розміром структури. Основним субстратом, який вони колонізують, є рослинні рештки, переважно деревина. На відміну від подібних за морфологією плодівих тіл дискосміцетів, плодіві тіла цифелоїдів зазвичай обернені гіменієм донизу, що є необхідним для вивільнення їх базидіоспор (Ljssse, Petersen, 2019).

Сприятливий, достатньо м'який і вологий клімат Розточчя на тлі різноманіття представлених рослинних угруповань, зумовив розвиток у межах відносно невеликої території значного біорізноманіття. Станом на 2015 рік на території Розточчя було зареєстровано 1620 видів грибів. Але дотепер українська частина Розточчя за рівнем дослідженості поступається польській. Значною мірою це стосується і Яворівського НПП (Kozłowska et al., 2015 (Part I) Kozłowska et al., 2015 (Part II)).

Яворівський національний природний парк розташований у центральній частині Українського Розточчя на території Яворівського і Жовківського районів Львівської області. На південному заході він межує з природним заповідником «Розточчя», на сході – з регіональним ландшафтним парком «Равське Розточчя», а на півночі – з Яворівським військовим полігоном. На території національного парку пролягає межа між Широколистяними лісами та Лісостепом. З південно-східною частиною парку збігається Головний Європейський вододіл (Шушняк, Савка, 2009).

У ході опрацювання зразків, зібраних О. Ю. Акуловим 27-28 жовтня 2019 р. на території Національного природного парку «Яворівський» нами було визначено 4 види цифелоїдних грибів: *Crepidotus pallidus* (Berk. & Broome) Knudsen, син. *Pellidiscus pallidus* (Berk. & Broome) Donk (на деревині *Fagus sylvatica* L.), *Henningsomyces candidus* (Pers.) Kuntze (на деревині *Betula pendula* Roth. на мертвих плодівих тілах *Fomes fomentarius* (L.) Fr.), *Merismodes confusa* (Bres.) D.A. Reid (на деревині *Betula pendula* Roth., а також на стромках *Diatrype bullata* (Hoffm.) Fr. на мертвих гілках *Salix caprea* L.) та *Resupinatus poriaeformis* (Pers.) Torn, Moncalvo & Redhead (на деревині *Fagus sylvatica* L.). Жоден з цих видів раніше не був виявлений на території Розточчя.

У польових нотатках О. Ю. Акулова також значиться поліцифелоїд *Schizophyllum commune* Fr. Цей вид раніше вже був зареєстрований в Українському Розточчі на деревині бука, граба та верби (Kozłowska et al., 2015 (Part I)). За даними літератури з Українського Розточчя також відомий вид *Merismodes connivens* (P. Karst.) Knudsen (на деревині *Fagus sylvatica* L.), та *Schizophyllum amplum* (Ljv.) Nakasone (на гілках *Populus tremula* L.), які не було виявлено нами (Kozłowska et al., 2015 (Part I)). Станом на цей час сумарно на території Українського Розточчя відомі 7 видів цифелоїдних грибів.

**Волкотруб К., Одінцова А.**

**МОРФОЛОГІЧНА Й АНАТОМІЧНА БУДОВА ПЛОДУ  
*PHILADELPHUS CORONARIUS* L. (HYDRANGEACEAE)**

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

**Volkotrub K., Odintsova A.** MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL FRUIT STRUCTURE IN *Philadelphus coronarius* L. (HYDRANGEACEAE). In our study we revealed that placentation in *Philadelphus coronarius* is axile below and parietal above, seeds are about 164 in a fruit. Lignified parenchyma composes inner layer of fruit wall and septa. Fruit dehiscence proceeds in basipetal direction, consistently by dorsal, ventral and septicial slits. After dehiscence, external parenchymatous layer of fruit wall splits and falls down.

Плоди є цікавим для дослідження об'єктом, оскільки вони відповідають за поширення нащадків і містять багато важливих та специфічних для цього ознак, які можуть свідчити про еволюційний шлях певного виду. Садовий жасмин (*Philadelphus coronarius* L.) спочатку належав до родини *Saxifragaceae* підкласу *Rosidae* (Бордзіловський, 1953), а тепер його залучають до родини *Hydrangeaceae* підкласу *Asteridae* (APG III, 2009; Мосякін, 2013), що свідчить про недостатню кількість морфологічних та анатомічних досліджень, які б узгоджувалися з молекулярно-філогенетичними даними. Метою нашої роботи було з'ясувати особливості внутрішньої будови плоду *Philadelphus coronarius*, уточнити спосіб розкривання та структуру оплодня. *Philadelphus coronarius* природньо поширений на півдні Західної Європи, у Малій Азії та на Кавказі (Аксенова, 2000); в Україні трапляється лише в культурі. Це кущ до 3 м заввишки з білими ароматними квітами, які зібрані у суцвіття китиця (Шипчинський, 1954). Плід – коробочка, насінини є дрібними і численними (Бордзіловський, 1953). Дослідження проводили на плодах, зібраних на різних стадіях плодоношення у м. Львів на вул. Драгоманова. Застосовували такі методи: виготовлення тимчасових препаратів, гістохімічні методи, світлова мікроскопія, описова морфологія, цифрова фотографія.

Коробочка напівнижня, прямостояча, поверхня коробочки є голою. Спочатку плід повністю зелений, м'ясистий, з часом змінюється до коричневого і стає дерев'янистим. На початку плодоношення оцвіттина і тичинки опадають, стовпчик опадає пізніше, під час розкривання плоду. Чашолистки всихаються і опадають після розкривання плоду. Розкривання плоду починається з його верхівки. Стовпчик розщеплюється на чотири частинки і опадає, залишається тільки його основа. На поперечному перерізі ми спостерігали, що зав'яз є чотиригніздою, плацентация центрально-кутова внизу і парієтальна зверху. У гніздах плоду багато насінин коричневого кольору вузько-овальної форми із загостреними кінцями. Встановлено, що кількість насінин у плоді 125–215, у середньому 164 насінини. Реакція на здерев'яніння з флороглюцином і соляною кислотою підтверджує, що внутрішній шар оплодня формується здерев'янілою тканиною, яка повністю оточує гнізда і переходить на перегородки. Перегородки плоду є дуже тонькі, в них є дві смужки склеренхіми, а в середині – нездерев'яніла паренхіма. Ми виявили, що на ранніх стадіях розвитку плоду дорзальна щілина формується у механічному шарі навіть тоді, коли зовнішній шар ще цілий. Тобто розрив стінки плоду відбувається не тільки зверху донизу, але й зісередини назовні. Спосіб розкривання плоду комбінований. Дорзальне розкривання відбувається по середній жилці плодолистиків. Під час розкривання плоду стулки відхиляються назовні та розходяться одна від одної у центрі плоду, тобто відбувається розкривання плоду вздовж вентральних швів. Дорзальні щілини продовжуються тільки до середини плоду, а далі починається септицидне розкривання, при якому стулки діляться на дві половинки у площині перегородки. Пізніше відбувається розшарування оплодня: зовнішній паренхімний шар оплодня опадає, так що плід зменшується в діаметрі та стає світло-бурим. За Каденом (1965), плід *Philadelphus coronarius* розкривається септицидно-дорзовентрально, що підтверджують і доповнюють наші дані з анатомії оплодня.

**Галицька Н., Гончаренко В.**

**АДВЕНТИВНІ ВИДИ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ МІСТ ДРОГОБИЧА І ТРУСКАВЦЯ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*

*e-mail: senechyn@gmail.com*

**Halytska N., Honcharenko V.** ADVENTIVE SPECIES OF THE FLORA OF RAILWAYS OF DROHOBYCH AND TRUSKAVETS CITIES. The distribution of 37 adventitious species of the railways of Drohobych and Truskavets, belonging to 37 genera and 19 families,

was established. The dominants on the tracks are *Galinsoga ciliata* (Raf.) S. F. Blake, *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., *Erigeron annuus* L.

Залізничні шляхи з прилеглими територіями є осередками рудеральної рослинності, коридорами антропогенного поширення видів рослин і міграції адвентивних інвазійних бур'янів (Арепшева, 2017). Флора залізничних доріг відіграє важливу роль у формуванні регіональної флори, тому вивчення цього типу флори має важливе значення (Звягінцева, 2013).

Дослідження адвентивної флори проводили в зоні залізничних колій і на прилеглих територіях протягом вегетаційного періоду 2019 та 2020 року. Видову ідентифікацію проводили за «Визначником вищих рослин України» (1987). Аналіз адвентивних видів проводили за класифікацією Я. Корнася (Kornas, 1968) з доповненнями В. В. Протопопової (Протопопова, 1991).

За результатами власних польових досліджень встановлено поширення 37 адвентивних видів на території залізничних колій у містах Дрогобич і Трускавець, що належать до 37 родів і 19 родин. Виявлено, що найбільша кількість видів належать до родини Asteraceae (9 видів) та Poaceae (5 видів). Інші родини представлені невеликою кількістю видів. Домінантами серед виявлених адвентивних видів на коліях є *Galinsoga ciliata* (Raf.) S. F. Blake, *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., *Erigeron annuus* L.

Згідно з класифікацією Я. Корнася, за часом занесення серед адвентивних видів переважають кенофіти, які налічують 26 видів. Археофіти об'єднують 9 видів, евкенофіти – 2 види. За способом міграції переважають ксенофіти – 10 видів, ергазіофіти та акулотофіти становлять по 6 видів. За ступенем натуралізації переважають епекофіти – 26 видів. Агріофіти налічують 7 видів, колонофіти - 4.

У складі флори залізниць досліджуваних міст серед гігоморф переважають рослини помірного зволоження (мезофіти; ксеромезофіти), їх налічується 31 вид. Посухостійкі рослини (ксерофіти; мезоксерофіти) представлені 6 видами. За вибагливістю до ґрунту переважає найбільша кількість видів рослин серед мезотрофів.

За життєвими формами серед адвентивних видів у складі флори залізниць міст Дрогобича і Трускавця переважають гемікриптофіти й терофіти. Це може бути пов'язане з антропогенним навантаженням і трансформацією території, а також із постійним доглядом за територією навколо залізничних шляхів, наявністю ефекту постійного скошування.

### Гарбуз Д.

#### СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНОСТІ МІКОБІОТИ ЗАПРОЕКТОВАНОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ІЗІУМСЬКА ЛУКА»

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна  
e-mail: garbuz.dmytriy99@gmail.com

**Harbuz D.** CURRENT STATE OF MYCOBIOTA STUDYING OF THE PROJECTED NATIONAL NATURE PARK «IZIUMSKA LUKA». The projected National nature park «Iziumska Luka» is situated in the Izium district of the Kharkiv region of Ukraine. At this time, only 294 species of fungi have been registered there (mostly aphilophoroids). Iziumska Luka needs much more attention of mycologists, as many systematic and ecological-trophic groups of fungi in the park still remain completely unexplored.

Ізюмська Лука є цінним осередком біорізноманіття на півдні Харківської області. Ліси Ізюмщини сформувалися на межі Лісостепу і степу, яка в цій місцевості умовно визначається річищем р. Сіверський Дінець. Перші спроби зберегти ці території зроблено в 1937 р., коли було засновано природний заповідник «Чернечина» площею близько 22

тис. га, що проіснував до 1951 р. Наступною спробою було заснування у 1984 р. чотирьох пам'яток природи, загальна площа яких становила лише 102 га. У 2003 р. на території Ізюмської Луки було створено однойменний регіональний ландшафтний парк на площі 2560 га, яку потім збільшили до 5002 га. Наразі ведеться активна робота з надання цій території статусу Національного природного парку з площею 22958 га. Спроби включення Ізюмської Луки до числа об'єктів природно-заповідного фонду загальнодержавного значення, на тлі підтримки з боку місцевої громади, викликають супротив з боку мисливських господарств і ДП «Ізюмський лісгосп» (Ординець, Акулов, 2012; Вітер та ін., 2019).

Вивчення мікобіоти Ізюмської Луки було розпочато лише у 2007 р. співробітниками кафедри мікології та фітоімунології біологічного факультету ХНУ імені В. Н. Каразіна. Проведені ними дослідження були зосереджені в першу чергу на афілофороїдних грибах (Ординець, Акулов, Усиченко, 2012; Savchenko et al. 2021). У результаті опрацювання літературних джерел і неопублікованих матеріалів фунгарію CWU MYC нами було встановлено, що станом на цей час на території запроєктованого національного парку «Ізюмська Лука» виявлено 294 види грибів. Серед них 212 є представниками відділу Basidiomycota (переважного афілофороїдних), 80 – Ascomycota (переважно копротрофи) і лише 2 види належать до відділу Mucoromycota.

Варто зазначити, що під час зіставлення різноманіття афілофороїдів територія запроєктованого національного парку не поступається вже наявним в Україні природоохоронним територіям загальнодержавного значення, що знаходяться поруч: НПП «Святі гори» та Українському степовому природному заповіднику. Але мусимо констатувати, що дотепер раритетна складова мікобіоти парку досліджена значно гірше, ніж рідкісні рослини і тварини.

Ми вважаємо, що Ізюмська Лука потребує значно більшої уваги мікологів, оскільки багато систематичних і еколого-трофічних груп парку досі залишаються абсолютно недослідженими. Додаткові дослідження цієї території є важливими для створення національного парку та проведення його функціонального зонування.

**Гукливська А., Фельбаба-Клушина Л.**

**ДО ВИВЧЕННЯ ЛУЧНОЇ РОСЛИННОСТІ БОРЖАВСЬКОГО  
ПІРСЬКОГО МАСИВУ (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)**

*ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
пл. Народна, 3, м. Ужгород, 88000, Україна  
e-mail: kaf-botany@uzhnu.edu.ua*

**Huklyvska A., Felbaba-Klushyna L.** TO THE STUDY OF MEADOW VEGETATION WITHIN THE BORZHAVSKY MOUNTAIN MASSIVE (UKRAINIAN CARPATHIANS). 43 phytosociological releves were made. They were carried out in 2019-2020 within the altitudes of 1100-1560 m above sea level. Six syntaxons of the association level, which belong to three classes, four orders and six unions, have been identified. Most of them are given for the Eastern Beskids in previous publications. For the first time, associations are given for the Borzhavsky massif: *Crepido mollis-Agrostietum capillaries* Ružičková 2004 and *Deschampsio-Festucetum rubrae* Sapegin 1986. Their communities occur at altitudes of 1050-1100 m above sea level.

У зв'язку з імовірною перспективою освоєння високогірних лук Полонинського хребта Українських Карпат виникла необхідність з'ясувати сучасний стан лучних фітоценозів, розташованих вище межі лісу, та започаткувати моніторинг їхніх змін під впливом сукупності природних та антропогенних факторів. Лучна рослинність Боржавського масиву до сьогодні не була предметом окремих досліджень, однак фрагментарні відомості щодо її синтаксономічного складу наводяться у праці К. А. Малиновського та В. В. Крічфалушія (Малиновський, Крічфалушій, 2002). Експедиційними дослідженнями, які

проводилися впродовж 2019-2020 рр. охоплено високогірні луки в межах висот 1050-1560 м н.р.м. на таких масивах: Великий Верх (1598 м), Жид-Магура (1517 м), Гемба (1491 м), Плай (1350 м). Загалом було опрацьовано 43 геоботанічні описи, виконані за методикою флористичної класифікації Браун-Бланке в межах висот 1050-1560 м н.р.м. Для обробки даних застосовано міжнародні геоботанічні пакети програм TURBOVEG і JUICE. У процесі складання класифікаційної схеми аналізували синтаксономічні схеми окремих класів рослинності України, які наведені у Продромусі України (Дубина та ін., 2019). За попередніми результатами обробки з'ясовано, що класифікаційна схема лучної рослинності, що розташована вище сучасної межі лісу в межах висот 1100-1560 м н.р.м. включає три класи, чотири порядки, шість союзів та шість асоціацій.

КЛАС JUNCETEA TRIFIDI HADAČ IN KLIKA ET HADAČ 1944

Порядок *Caricetalia curvulae* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926

Союз *Potentillo ternatae-Nardion* Simon 1958

Асоціація *Phleo alpini-Nardetum strictae* Klika 1934

КЛАС MULGEDIO-ACONITETEA HADAČ ET KLIKA IN KLIKA ET HADAČ 1944

Порядок *Calamagrostietalia villosae* Pawlowskyi et al. 1928

Союз *Trisetion fusci* Krajina 1933

Асоціація *Poo chaixii-Deschampsietum* Pawlowskyi et Walas 1949

Союз *Calamagrostion villosae* Pawłowski et al. 1928

Асоціація *Vaccinio myrtilli-Calamagrostietum villosae* Sillinger 1933

Порядок *Senecioni rupestris-Rumicetalia alpini* Mucina et Karner in Mucina et al. 2016

Союз *Rumicion alpini* Scharfetter 1938

Асоціація *Rumicetum alpini* Beger 1922

КЛАС MOLINIO-ARRHENATHERETEA TX. 1937

Порядок *Arrhenatheretalia elatioris* Tx. 1931

Союз *Arrhenatherion elatioris* Luquet 1926

Асоціація *Deschampsio-Festucetum rubrae* Sapegin 1986

Союз *Trisetio flavescens-Polygonion bistortae* Br.-Bl. et Tx. ex Marschall 1947

Асоціація *Crepido mollis-Agrostietum capillaries* Ružičková 2004

### Жук М.

#### INULA HELENIMUM L. У ЛУЧНІЙ ФЛОРИ ОКОЛИЦЬ С. ВЕРБИНЕ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка  
вул. Остроградського, 2, м. Полтава, 36000, Україна  
e-mail: zhuk.mv@ukr.net

**Zhuk M. INULA HELENIMUM L. IN THE MEADOW FLORA OF THE VICINITY OF THE VILLAGE VERBYNE, POLTAVA REGION.** A population of regionally rare plant *Inula helenium* L. was found in floodplain meadows near Verbyne village of Lubensky district of Poltava region. Biological, ecological features of the plant and its medicinal properties were analyzed. The main reasons for the disappearance of *Inula helenium* L. have been established.

Стрімкий розвиток виробництв і сільськогосподарської діяльності людини чинить великий тиск на природні біогеоценози. Це призводить до скорочення їхніх площ і, як наслідок, до скорочення чисельності або повного зникнення пов'язаної з ними біоти. Важливим компонентом біосфери є лучні фітоценози, які виконують кліматорегулюючу та буферну функції, захищають ґрунти від ерозії, обмежують поверхневе масове перенесення хімічних речовин, є осередком збереження біорізноманітності. Також луки є цінним джерелом лікарських і медоносних рослин, котрі мають унікальний, властивий тільки їм вміст хімічних речовин.

Влітку 2020 р. під час ботанічних досліджень, метою яких було вивчити сучасний стан флори заплавлених лук околиць с. Вербіне Лубенського району Полтавської області, нами було знайдено популяцію оману високого (*Inula helenium* L.). Цей вид занесений до списку регіонально рідкісних рослин Полтавщини як вид, популяції котрого невеликі та у даний час не належать до категорії «зникаючих» чи «вразливих», проте їм загрожує небезпека.

Оман високий – західно-палеарктичний вид, багаторічна трав'яниста рослина родини айстрових (*Asteraceae*), має товсте, м'ясисте кореневище з численними довгими коренями. Стебла міцні, прямі, рубчасті, 1–2,5 м заввишки, у верхній частині розгалужені, внизу розсіяно-, вгорі – густожорстковолосисті. Листки чергові, цілісні, нерівномірнозубчасті, великі (до 50 см завдовжки і 18–25 см завширшки), зверху жорстковолосисті, знизу – сіроповстисті; приземні – черешкові, еліптично-видовжені; стеблові – сидячі, видовженояйцевидні, загострені, з серцевидною, напівстеблообгортною основою. Квітки жовті, зібрані у великі (6–8 см у діаметрі) кошики, що утворюють на верхівці стебла щитковидне суцвіття; крайові язичкові квітки – жіночі, з вузьколінійним тризубчастим язичком; середні – двостатеві, трубчасті. Плід – сім'янка. Квітує в червні–серпні (іноді у вересні), плодоносить у серпні–жовтні (Байрак, Стецюк, 2005). За своїми екологічними особливостями оман високий належить до сціогеліофітів, гігрофітів, мезотрофів, згідно класифікації життєвих форм за К. Раункієром – до гемікриптофітів.

Завдяки високому вмісту інуліну (до 44 %) у кореневищах і коренях та інших полісахаридів (псевдоінулін, інуленін), смол, камеді, алкалоїдів, органічних кислоти й ефірних олій (до 4,3 %) *Inula helenium* є цінною лікарською рослиною. Вона має антисептичні, протизапальні, протиглісні, фітонцидні властивості, завдяки яким оман високий використовують для лікування захворювань дихальних шляхів (бронхіти, трахеїти, бронхіальна астма, туберкульоз та ін.), шлунково-кишкового тракту (гастрити, ентероколіти, відсутність апетиту та ін.), серцево-судинної системи (гіпертонія), шкіри (екзема, нейродерміт, короста) та ін. Офіційною сировиною є тільки кореневища та корені, проте в народі з лікувальною метою використовують усі органи рослини (Гродзінський, 1992). Тому серйозною загрозою для цього рідкісного виду є збір як лікарського засобу, викошування травостою, надмірне випасання сільськогосподарських тварин та викопування для озеленення присадибних ділянок.

Отже, для встановлення стану, динаміки та збереження виду *Inula helenium* необхідно проводити подальший моніторинг виявленого місцезростання та еколого-просвітні заходи серед населення.

**Згонник М., Сологуб-Йосеф М., Якунькін Я.**

ПЕРШІ ЗНАХІДКИ ГРИБА *MONILINIA OXYCOCCI* (WORONIN) HONEY  
З УКРАЇНСЬКОГО РОЗТОЧЧЯ

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*

*майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна*

*e-mail: zhonyk223@gmail.com, mikael\_sologubyosef@yahoo.com, yakunkin.yakov@ukr.net*

**Zghonnyk M., Solohub-Yosef M., Yakunkin Ya.** THE FIRST FINDS OF THE FUNGUS *MONILINIA OXYCOCCI* (WORONIN) HONEY FROM UKRAINIAN ROZTOCHCHYA. New data about *Monilinia oxycocci* (Sclerotiniaceae, Helotiales, Ascomycota) from the Ukrainian Roztochche are presented. Specimens of infected *Vaccinium oxycoccos* plants were collected by M. Pirogov in 2018. The first find of *M. oxycocci* in Ukraine was registered near Kyiv and dates back to 1932, but this locality is lost now.

Розточчя являє собою горбисте пасмо, що простягається від Львівської області України до південно-східних регіонів Польщі. На Розточчі пролягає Головний європейський

вододіл між Чорним і Балтійським морями. У регіоні зазвичай випадає багато опадів, завдяки чому він є виразним осередком біорізноманіття. Згідно з узагальненням 2015 р. на території Розточчя було виявлено 1620 видів грибів, з них в українській частині регіону – 695.

На верховому болоті біля м. Новояворівськ (Яворівській р-н, Львівська обл.) 3 та 7 червня 2018 р. М. В. Пироговим було зібрано два зразки анаморфного фітопатогенного гриба, який уражував молоді пагони журавлини (*Vaccinium oxycoccos* L. subsp. *oxycoccos* та *V. oxycoccos* subsp. *microcarpum* (Turcz. ex Rupr.) Kitam.). Вони були ідентифіковані нами як *Monilinia oxycocci* (Woronin) Honey (родина Sclerotiniaceae Whetzel, порядок Helotiales Nannf., клас Leotiomycetes O.E. Erikss. & Winka, відділ Ascomycota Caval.-Sm.). Зразки зберігаються у Науковому мікологічному гербарії CWU Мус під номерами AS 6890 та 6891.

Вид *M. oxycocci* (як *Sclerotinia oxycocci*) описав Михайло Воронін у 1888 р. Автору вдалося простежити весь життєвий цикл цього гриба. У період цвітіння на молодих пагонах рослини утворюються численні конідії, які переносяться комахами-запилювачами або вітром на приймочки квіток. Далі під впливом гриба зав'язь перетворюється на склероції, що опадають і зимують у моховому покриві. Ранньою весною склероції проростають плодовими тілами – апотеціями, і аскоспори перезаражують рослини. Кілька споріднених видів були описані М. С. Вороніним на брусниці, лохині та чорниці. Через наявність нестатевого спороношення *Monilia*-типу у 1936 р. Едвін Е. Хонні переніс гриб до роду *Monilinia* Honey.

Гриб утворює характерні ланцюжки гіалінових конідій лимоноподібної форми, що поєднані одна з одною за допомогою диз'юнкторів. У наших зразків розмір конідій трохи менший, ніж у протолозі: 16,9–21,2Ч11,2–13,4 мкм.

*M. oxycocci* є високоспеціалізованим облігатним паразитом *Vaccinium spp.* і трапляється на журавлинових болотах у різних регіонах Північної півкулі. Великої шкоди він завдає у штаті Вісконсин в США, що є найбільшим постачальником журавлини. Там постійно від 2 до 10 % рослин інфіковані *M. oxycocci* (хвороба має назву *cranberry cottonball*).

Перша знахідка *M. oxycocci* в Україні датується 18 травня 1932 р. Його було зібрано Г. І. Білик на плоді *Vaccinium oxycoccos* на території Дарницького лісу в околицях м. Києва. Зразок було ідентифіковано британським мікологом Д. Мінтером. На жаль, через розростання Києва і через кліматичні зміни цей локалітет *M. oxycocci* не зберігся. Тож станом на цей час Розточчя є єдиним відомим осередком, де існує популяція гриба *M. oxycocci* в Україні.

### **Клепак О.<sup>1</sup>, Гончаренко В.<sup>1</sup>, Цьома І.<sup>2</sup>**

#### **ФЛУКТУАЦІЙНА АСИМЕТРІЯ ЛИСТКІВ БЕРЕЗИ ПОВИСЛОЇ (*BETULA PENDULA* ROTH.) ЯК МЕТОД БІОІНДИКАЦІЇ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка<sup>1</sup>*

*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*

*e-mail: klepakolena@gmail.com*

*Белзький ОЗЗСО І-ІІІ ступенів Червоноградського району*

*Львівської області, Сокальська МАН<sup>2</sup>*

*пл.України, 26 А, м. Белз, Червоноградський район, Львівська обл., 80062, Україна*

**Клепак О., Honcharenko V., Tsoma I. FLUCTUATING ASYMMETRY OF LEAVES *BETULA PENDULA* ROTH. AS METHOD OF BIOINDICATION OF ATMOSPHERIC AIR.** The dependence of symmetry level violation on pollution is established. In the city of Belz the fluctuation asymmetry is 0.052. The air in the study area is in a very polluted state and corresponds to the IV point, on the outskirts of the city of Chervonohrad – 0.056 (V point).

Вкрай незадовільна екологічна ситуація північної частини Львівської області спричинена гірничодобувною діяльністю вугільних шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну, оскільки викиди з шахт негативно впливають на навколишнє середовище, в якому ми проживаємо. Великий вплив на стан атмосфери у досліджуваних містах має автомобільний транспорт, у викидах якого знаходяться сполуки оксиду карбону, нітрогену, різні вуглеводні. Усі ці компоненти потрапляють у навколишнє середовище і негативно впливають як на рослинні організми, так і на здоров'я людини. Тому підвищена інтенсивність антропогенного навантаження на екосистеми потребує екологічної оцінки стану довкілля, особливо, атмосферного повітря. Це питання є актуальним для міст Белз і Червоноград (Львівська обл.). Дослідження території цих міст проводилися вперше і полягали в аналізі можливостей подальшого використання морфометричних показників листків берези повислої у біоіндикаційних методах. Стреси різних типів можуть суттєво змінювати симетричність листових пластинок (Zvereva et al., 1997; Velickovic et al., 2006). Оцінка рівня флукуаційної асиметрії листків виявилась перспективною ознакою для встановлення ступеня впливу стресового чинника на рослини.

Для визначення флукуаційної асиметрії використовували листові пластинки листків берези повислої (*Betula pendula* Roth.), що зібрані у 2019 р. після зупинки росту (кінець серпня – початок вересня). З кожної досліджуваної території взято по 100 листків (по 10 листків з 10 дерев). Всього було зібрано 300 листків. Під час збору листків враховували їхній розмір і функціональний стан. Збір листків проводили за методикою В.М. Захарова (1987).

У результаті досліджень встановлено, що мінімальний показник флукуаційної асиметрії листової пластинки відмічений у контрольному зразку і становить 0,035, що відповідає першому балу. Це свідчить про те, що територія характеризується оптимальними умовами для розвитку рослин. На основі обчислення флукуаційної асиметрії листових пластинок встановлена залежність порушення рівня симетрії від забруднення, оскільки у місті Белзі показник становить 0,052 і показує, що досліджувана ділянка повітря перебуває у дуже забрудненому стані і відповідає IV балу, а на околиці міста Червонограда 0,056 – V балу.

Встановлено, що в умовах досліджуваних міст на величину флукуаційної асиметрії впливає віддаленість рослин від джерела забруднення. Із збільшенням відстані до стресового фактора спостерігається зниження цього показника. Дослідження показали, що використання морфологічних особливостей листків, у тому числі флукуаційної асиметрії, є досить зручним і ефективним методом для оцінки стану навколишнього середовища.

**Князюк І., Настека Т.**

#### АНАЛІЗ ДЕНДРОФЛОРИ БОЯРСЬКОГО ЛІСНИЦТВА

*Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова*

*вул. Пирогова, 9, м. Київ, 10130, Україна*

*e-mail: inna.knyazyuk@gmail.com*

**Kniazyuk I., Nasteka T.** ANALYSIS OF DENDROFLORA OF BOYARKA'S FORESTRY. This topic is relevant because the condition and species composition of forests largely depends on the influence of anthropogenic factors. Process of global deforestation and forest degradation is considered as one of factors in the growth of CO<sup>2</sup> in the atmosphere. There are constant and heterogeneous changes in the species composition of forest flora. This is especially true of dendroflora, which under conditions of anthropogenic impact can not maintain uniqueness and homogeneity. Certain species of trees and shrubs are disappearing, while species that are not historically characteristic of these areas appear.

Флористичний склад лісів значною мірою залежить від впливу антропогенних чинників. Процес глобального знеліснення й деградації лісів розглядається як один із

чинників зростання вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері. Дендрофлора в умовах антропогенного впливу не може зберегти унікальність і однорідність. Зникають певні види дерев і кущів, натомість з'являються види, історично не притаманні даним територіям. Тому аналіз флори лісів та розроблення наукових основ її відтворення та раціонального використання є актуальним.

Територія лісництва розміщена в зоні мішаних (хвойно-широколистяних) лісів в області Київського Полісся. За агрокліматичним районуванням Українське Полісся належить до вологої помірно теплої зони. Основним типом лісорослинних умов на території лісництва є свіжі дубово-соснові субори та грабово-соснові судіброви на дерновослабоопідзолених ґрунтах (Танцюра, 2004).

Дослідження проводили протягом березня – травня методами маршрутних досліджень і методом закладання пробних ділянок, площею 500 м<sup>2</sup> (Григора, 2000). Досліджено 3 екологічно відмінні геоботанічні ділянки лісу: 1) ділянка лісу, що межує з приватними будинками смт Глеваха; 2) ділянка лісу, що знаходиться за 500 м від місцевої дороги смт Глеваха, 3) центральна ділянка лісу (віддаленність від дороги 5 км).

На основі проведених досліджень дендрофлори природних угруповань виявлено 33 види, що належать до 25 родів і 11 родин. Найчисленішими родинами виявилися: родини *Rosaceae* (8 видів) та *Betulaceae* (5 видів). Двома видами представлені родини *Salicaceae*, *Pinaceae*, *Fagaceae*, *Oleaceae*, *Sapindaceae*. Родини: *Adoxaceae*, *Malvaceae*, *Fabaceae*, *Ulmaceae*, *Rhamnaceae* представлені одним видом. Із числа досліджених життєвих форм дерев виявили 23 види, кущів 8 видів.

Едифікаторами асоціації є *Pinus sylvestris* L. (насадження з переважанням сосни звичайної становлять 64 %) та *Betula pendula* Roth. Встановлено, що відбувається ендегенна сукцесія. Молоді листяні породи дерев (*Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Prunus padus* L., *Sorbus aucuparia* L.) замінюють старі висаджені дерева *Pinus sylvestris* L. Оцінка життєвості видів варіює від 3 (вид проходить повний цикл розвитку; утворення плодів і насіння з малоактивним розсіюванням насіння й поширення плодів) до 3А (вид проходить повний цикл розвитку, нормально плодоносить, висіває насіння).

На основі проведеного дослідження дендрофлори виявлено вагомий вплив людини на формування видового складу та життєвість дендрофлори природних угруповань, який має як негативні (переважання вирубок над відновленням насаджень; забруднення фітоценозів), так і позитивні наслідки (доглядові вирубки; введення біологічно цінних інтродуцентів).

**Мазярок І.<sup>1</sup>, Дика О.<sup>1</sup>, Ференц Н.<sup>2</sup>, Хомин І.<sup>2</sup>**

**СТАН ЦЕНОПОПУЛЯЦІЙ *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L.  
НА ТЕРИТОРІЇ ПЗ «РОЗТОЧЧЯ»**

*Львівський національний університет імені Івана Франка<sup>1</sup>*

*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*

*Природний заповідник “Розточчя”<sup>2</sup>*

*вул. Січових Стрільців, 7, смт Івано-Франкове, 81070, Україна*

*e-mail: ira.mazyarok26@gmail.com, dykaolga7@gmail.com, zaproz25@gmail.com*

**Mazyarok I., Khomyn I., Ferenc N., Dyka O.** STATE OF *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L. COENOPOPULATIONS IN ROZTOCHYA NATURE RESERVE. The common number, density of individuals and age structure of coenopopulation of *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) are defined in Roztochya Nature Reserve. Given the nature of the age spectrum, the study of the population of *Cypripedium calceolus* L. can be considered invasive. Even with a limited number of individuals in the populations of the species, generative individuals produce a large number of seeds.

*Cypripedium calceolus* L. – єдиний представник свого роду у флорі України. *C. calceolus* не в змозі протистояти катастрофічним сукцесіям рослинних лісових

угруповань, які в результаті антропогенних навантажень порушують природний розвиток лісових угруповань. Ось чому всі збережені локалітети *C. calceolus* мають бути виключені з числа площ, призначених для різних господарських заходів, і одночасно включені до складу природно-заповідного фонду України (Шамрова, 2011).

Матеріал зібраний на території ПЗ «Розточчя» у Ставчанському та Верещицькому природоохоронних науково-дослідних відділеннях (ПОНДВ).

Для зозулинцевих (Orchidaceae) характерна перерва у цвітінні, тобто перехід генеративних особин до стану, подібного за зовнішніми ознаками до віргінільних. Тому цей віковий стан називають у них не віргінільним, а дорослим вегетативним (vv). Особини цього вікового стану включають рослини віргінільні та генеративні, які тимчасово не мають генеративного пагону. Проростки, що ведуть підземний спосіб життя, не враховували. Виявити сенільні особини було складно через те, що частина особин відмирає одразу ж після генеративної стадії, тому їх теж не брали до уваги (Любинець, 2005).

Для вивчення вікової структури ценопопуляцій досліджуваного виду було закладено чотири пробні площі. На кожній площі визначали вікові стани особин виду, обраховували чисельність усіх наявних вікових груп, щільність особин на 100 м<sup>2</sup> та процентне співвідношення вікових категорій. На цій основі будували вікові спектри для наступного їх порівняння. Обчислювали також індекс відновлення (відношення кількості прегенеративних особин до генеративних). Онтогенетичні стани зозулинних черевичків виділяли згідно з роботою В. Кияка (Кияк, 2000).

Віковий спектр ценопопуляцій *Cypripedium calceolus* L. у 2019 р. є лівостороннім із максимумом, що припадає на групу особин дорослого вегетативного стану. Дослідивши щільність особин *Cypripedium calceolus* L. на пробних площах № 23+28, 25, 26, 29, ми виявили, що найбільша щільність особин ценопопуляцій *Cypripedium calceolus* L. була на ділянці № 29 і становила 3 ос/100 м<sup>2</sup>, а найменша – на ділянці № 23+28 та № 26 і становила 1 ос/100 м<sup>2</sup>. Ценопопуляції характеризуються малою чисельністю і щільністю. Для покращення збереження виду на території заповідника необхідно й надалі проводити моніторинг за станом даних ценопопуляцій.

**Мільчаковська Л.<sup>1</sup>, Дика О.<sup>1</sup>, Ференц Н.<sup>2</sup>, Хомин І.<sup>2</sup>**

**ВІКОВА СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦІЇ *PLATANThERA CHLORANTHA* (CUST.) REICHENB НА ТЕРИТОРІЇ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «РОЗТОЧЧЯ»**

*Львівський національний університет імені Івана Франка<sup>1</sup>*

*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*

*Природний заповідник "Розточчя"<sup>2</sup>*

*вул. Січових Стрільців, 7, смт Івано-Франкове, 81070, Україна*

*e-mail: anastasiaku399@gmail.com, dykaolga7@gmail.com, zaproz25@gmail.com*

**Milchakovska L., Ferents N., Khomyn I., Dyka O. AGE STRUCTURE OF *PLATANThERA CHLORANTHA* (CUST.) REICHENB. COENOPOPULATIONS IN ROZTOCHYA NATURE RESERVE.** The common number, density of individuals and age structure of coenopopulation of *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb (Orchidaceae) are defined in Roztochya Nature Reserve. In the investigated coenopopulation individuals of all age states are present, they are characterized by low strength and density.

Любка зеленоквіткова - євромалоазійський вид. Росте у листяних і мішаних лісах на вапнякових ґрунтах, у заповіднику поодинокі або невеликими групами. На сьогодні у світі є проблема збереження видового різноманіття рослинного покриву. Під впливом антропогенних змін багатьох видів, зокрема, і представники родини Orchidaceae, випадають зі складу флори. Для правильного оцінювання стану та формування дієвих заходів охорони кожного виду потрібні дані про поширення, особливості біології, структури й динаміки популяцій у конкретному регіоні (Стрянець, 2013; Сорока, 2006).

Дослідження ценопопуляції *P. chlorantha* проводили на території Природного заповідника “Розточчя”. Відповідно до загальноприйнятих методик (Работнов, 1950; Уранов, 1975, 1977), враховуючи особливості онтогенезу орхідних, ми вирізняли 4 вікові групи: ювенільні (j), імагурні (im), дорослі вегетативні (vv) та генеративні (g). Дорослий вегетативний стан охоплює особини віргінільні та генеративні, які не мають генеративного пагона. Проростки, що ведуть підземний спосіб життя, не брали до уваги (Любинець, 2005).

Для вивчення вікової структури ценопопуляції досліджуваного виду було закладено чотирнадцять пробних площ. На кожній площі визначали вікові стани особин виду, чисельність усіх наявних вікових груп, щільність особин на 100 м<sup>2</sup> та процентне співвідношення вікових категорій. На цій основі будували вікові спектри для подільшого їх порівняння.

Вікові спектри досліджуваних ценопопуляцій *P. chlorantha* подібні, одновершинні, лівостороннього типу (максимум спостерігається на дорослих вегетативних особинах). Досліджені ценопопуляції *Platanthera chlorantha* інвазійного типу, оскільки в них переважають прегенеративні особини (j, im, vv). Найбільша щільність особин ценопопуляцій *P. chlorantha* становила 39 ос/100 м<sup>2</sup>. Максимальний індекс відновлення становить 3200 %. Ценопопуляції характеризуються достатньою чисельністю та щільністю і перебувають у задовільному стані.

**Пурій Т., Дрозд І.**

**СУЧАСНИЙ СТАН ПОПУЛЯЦІЙ *HEPATICIA NOBILIS* MILL.  
В УМОВАХ ДРОГОБИЧЧИНИ**

*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка  
вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, 82100, Україна  
e-mail: inessadr@ukr.net*

**Puriy T., Drozd I.** CURRENT STATE OF *HEPATICIA NOBILIS* MILL. POPULATIONS IN THE CONDITIONS IN DROHOBYCH DISTRICT. It is established that in the territory of Drohobych region in natural phytocenoses there are habitats of *Hepatica nobilis* Mill. In plant groups *Hepatica nobilis* Mill. grew singly on the edges, among the bushes. Populations contained individuals of different levels of vitality, but were not sufficiently stable and adapted to anthropogenic load. Stocks of this species are small, are declining every year and need protection.

Проблема збереження та відновлення природних ресурсів сьогодні особливо актуальна. Ефемероїдні види виявилися досить чутливими до антропогенного навантаження. Рослини, які раніше були широко розповсюджені, тепер стають рідкісними і зникаючими. Серед ранньоквітучих потребує бережливого ставлення і печіночниця звичайна (*Hepatica nobilis* Mill.), ареали якої помітно скорочуються (Панова, 2007).

*Hepatica nobilis* Mill. – багаторічна трав’яниста рослина родини *Ranunculaceae*, яка трапляється у західних регіонах України в листяних і мішаних лісах, серед чагарників. На довгих черешках розміщені прикореневі листки, які мають темно-зелене забарвлення. Листки зимують, а нові з’являються після відцвітання рослини. Квітки поодинокі, розміщені на прямостоячих квітконосних стеблах. Рослина починає цвісти лише на 6-му році життя. З лікувальною метою використовують листки та квітки *Hepatica nobilis*, які містять кумарин, сапоніни, флавоноїди, аскорбінову кислоту, глікозид та інші біологічно активні речовини. Рослинна сировина позитивно впливає на обмін речовин, має відхаркувальні й антисептичні властивості, стимулює секрецію жовчі, підвищує діурез. Настій листків і квіток вживають під час запалення печінки, жовчнокам’яної хвороби, запалення селезінки, нирок і сечового міхура, бронхіту й трахеїту, ревматизму (Гродзінський, 1992).

Місцезростання *Hepatica nobilis* трапляються і на території Дрогобицького передгір’я Дністровського Передкарпаття. Лікувальні властивості та ранній термін цвітіння призводять

до збору квітконосів виду, в результаті чого популяції деградують та зникають. З метою вивчення особливостей поширення *Hepatica nobilis* нами були обрані пробні площі з різним антропогенним навантаженням на території Дрогобицького лісового господарства, зокрема, у Трускавецькому, Раневицькому та Лішнянському лісництвах.

У результаті досліджень встановлено, що особини *Hepatica nobilis* на території обраних лісництв Дрогобицького лісового господарства не утворювали щільних агрегацій, траплялися рідко, поодинокі на узліссях, серед чагарників. Популяції містилися у своєму складі особини різних рівнів життєвості, проте на окремих пробних площах були недостатньо стійкими та пристосованими до антропогенного навантаження. Так, на території Трускавецького лісництва місцезростання *Hepatica nobilis* зменшуються переважно внаслідок зривання на букети й витоптування і перебувають під реальною загрозою зникнення. Порівняння стану популяцій у різних типах оселищ виявило, що кращі еколого-ценотичні умови для росту і розвитку цього виду були на пробних площах Лішнянського лісництва.

Отже, загалом запаси *Hepatica nobilis* на території Дрогобищини невеликі, з кожним роком зменшуються і потребують охорони.

**Садигов Р., Фельбаба-Клушина Л.**

#### БРЮОФЛОРА ОЛІГОТРОФНОГО БОЛОТА БАГНО НА ВИГОРЛАТ-ГУТИНСЬКОМУ ХРЕБТІ (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
вул. А. Волошина, 32, м. Ужгород, 88000, Україна  
e-mail: kaf-botany@uzhnu.edu.ua

**Sadygov R., Felbaba-Klushyna L.** BRYOFLORE OF THE OLIGOTROPHIC SWAMP BAGNO ON THE VYNORLAT-HUTYN RIDGE (UKRAINIAN CARPATHIANS). The bryoflora of the oligotrophic bog Bagno was studied and compared with the literature data, published in the middle of the last century. The extinction of *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H.Klinggr. and the emergence of four new species of this genus have been recorded. The list of bryoflora in total includes 20 species: four liverworts, and sixteen mosses: six species of the genus *Sphagnaceae*, and two species of each families such as *Calliergonaceae* and *Polytrichaceae*, one species of families *Mniaceae*, *Aulacomniaceae*, *Dicranaceae*, *Hylacomniaceae*, *Climaceae*, *Pylaisiaceae*.

Одним із найбільших за площею оліготрофних боліт Українських Карпат є болото Багно на Вулканічному хребті, виявлено вперше В. І. Комендаром та С. С. Фодором (Комендар, Фодор, 1960). Згідно з даними Є. М. Брадїс та ін. (Брадїс та ін., 1969), для нього характерні найглибші поклади торфу, що становлять 5,9 м, тоді як на інших болотах регіону їхня глибина становить до 3 м. Це дає підставу вважати це болото найстарішим серед виявлених на цей час оліготрофних боліт Закарпаття. За останні десятиріччя на ньому спостерігаються процеси поступової трансформації болотяної рослинності у лучну (Фельбаба-Клушина, 2008). Як відомо, саме бріофлора швидше, ніж судинні рослини, реагує на зміни екологічних умов середовища. У зв'язку з цим нами проведені дослідження видового складу бріофлори болотних фітоценозів болота Багно з метою порівняльного аналізу з попередніми даними та виявлення змін, які відбуваються у його рослинному покриві.

Дослідження проводили у період 2019-2020 рр. Назви бріофітів наведено згідно з найновішим Європейським бріологічним зведенням (Hodgetts et al., 2020).

Наші дослідження дали змогу доповнити перелік мохоподібних цього масиву, серед яких є чотири нові види сфагнів – *Sph. palustre* L., *Sph. squarrosum* Crome, *Sphagnum papillosum* Lindb., *Spagnum fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr. Перелік бріофлори загалом включає 20 видів, серед яких чотири печіночники (*Apopellia endiviifolia* (Dicks.) Nebel & D.

Quandt, *Pellia epiphylla* (L.) Corda, *Marchantia polymorpha* L, *Scapania undulata* (L.) Dumort) та шістнадцять мохів: шість видів родини *Sphagnaceae* роду *Sphagnum* (*Sph. capillifolium* Crome, *Sph. medium* Limpr., *Sph. palustre* L., *Sph. squarrosum* Crome, *Sph. papillosum* Lindb., *Sph. fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr.), а також по два види родин *Calliergonaceae* (*Calliergon giganteum* (Schimp.) Kindb.), *Warnstorfia fluitans* (Hedw.) Loeske, та *Polytrichaceae* (*Polytrichum commune* Hedw., *P. strictum* Menzies ex Brid.), по одному виду родин *Mniaceae* (*Mnium marginatum* (Dicks.) P. Beauv.), *Aulacomniaceae* (*Aulacomnium palustre* Schwdgr.), *Dicranaceae* (*Dicranum majus* Sm.), *Pylaisiaceae* (*Calliergonella lindbergii* (Mitt.) Hedend), *Hylocomiaceae* (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt), *Climaciaceae* (*Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr).

**Семеренко І., Одінцева А.**

**МОРФОЛОГО-АНАТОМІЧНА БУДОВА ПЛОДУ ТА РЕПРОДУКТИВНІ ПОКАЗНИКИ КАННИ ІНДІЙСЬКОЇ (*CANNA INDICA* L.)**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*  
*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*  
*e-mail: semerenkoyana1234@gmail.com*

**Semerenko I., Odintsova A.** MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL STRUCTURE OF THE FRUIT AND REPRODUCTIVE INDICATORS OF *CANNA INDICA* L. Fruit of *Canna indica* – is an inferior syncarpous trilocular capsule with persistent sepals, dehiscent through dorsal slits. Fruit wall is parenchymatous, densely covered with soft spines. In the fruit wall numerous vascular bundles go longitudinally, connected with many horizontal anastomoses. Ovule number in ovary is 15 (12-18), seed number is 4 (3-6), so seed productivity is low (27%). Pollen number in anther – 14,5 thousand, pollen sterility – 21 %, P/O-index – 961.

*Canna indica* L. – декоративно-квітуча рослина родини *Cannaceae*, яка культивується у багатьох ботанічних садах України. В Україні вивчали структуру і розвиток насінного зачатка та жіночого гаметофіту *Canna indica* (Кузьміна, 2013), біоморфологічні особливості, інтродукцію, перспективи використання представників роду *Canna* в умовах правобережного степового Придніпров'я (Мазура, 2018), здійснювали фармакогностичне дослідження канни садової та створення лікарських засобів на її основі (Тимофєєва, 2018), проводили дослідження фотосинтетичних пігментів трави деяких сортів канни садової (Кисличенко та ін., 2019). Однак детальні дослідження морфолого-анатомічної структури плоду не проводили. Тому метою нашого дослідження було з'ясувати особливості будови плоду та проаналізувати репродуктивні показники у *Canna indica*.

Плід *Canna indica* – нижня синкарпна тригнізна коробочка, яка розкривається дорзальними щілинами, що проходять від основи до верхівки коробочки в її стінці (локуліцідно). Чашолистки неопадні, залишаються при плоді. Оплідень шаруватий, зовні горбкуватий, горбки формуються ще на стадії бутону. Зрілий плід неправильної форми через вип'ячування великих насінин. Анатомічна будова оплодня *Canna indica* характеризується багатошаровою паренхімною структурою із великою кількістю поздовжніх провідних пучків, які об'єднані горизонтальними анастомозами. Інших здерев'янілих тканин немає. Оплідень *Canna indica* має горбкуватий паренхімний зовнішній шар, який злущується перед розкриванням плоду, залишаючи сухий плівчастий внутрішній шар, пронизаний провідними пучками. Ендокарпій нездерев'янілий, сформований папілами. Кількість насінних зачатків *Canna indica* становить від 12 до 18, в середньому 15 у плоді, а кількість насінин від 3 до 6, в середньому 4. Коефіцієнт продуктивності – 27 %. Насіннева продуктивність — один з найважливіших показників, який характеризує рівень адаптації рослин до конкретних ґрунтово-кліматичних умов (Вайнагий, 1974), а також має важливе значення для селекції, оскільки може бути використаний як донорська ознака для створення сортів з високою

врожайністю. Низьке значення показника насінневої продуктивності *Canna indica* свідчить про незадовільний рівень автономного насінневого розмноження цього виду в умовах м. Львова.

За нашими даними, однотоковий пиляк єдиної тичинки *Canna indica* продукує в середньому 14,5 тис. пилоквих зерен, з яких 21 % (20-32 %) є стерильними (невиповненими). Для обчислення кількісного показника репродуктивного успіху в *Canna indica* ми знаходили значення Р/О-індексу – співвідношення числа пилоквих зерен і насінних зачатків, які продукуються однією квіткою. Р/О-індекс є індикатором ефективності транспорту пилку і відображає тип репродуктивної системи виду (Cruden, 1977). У *Canna indica* показник Р/О дорівнює 961, що свідчить, з одного боку, про спеціалізовану систему схрещування цього виду, а саме, вторинне відкладання пилку на стовпчику (Ginos, Cosucci 2010), а з іншого боку, означає поєднання ксеногамного й автогамного запилення.

**Теклішин Д.<sup>1</sup>, Хомин І.<sup>2</sup>, Ференц Н.<sup>2</sup>, Дика О.<sup>1</sup>**

**ВІКОВА СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦІЙ *GALANTHUS NIVALIS* L.  
НА ТЕРИТОРІЇ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «РОЗТОЧЧЯ»**

*Львівський національний університет імені Івана Франка<sup>1</sup>*

*вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна*

*Природний заповідник "Розточчя"<sup>2</sup>*

*вул. Січових Стрільців, 7, смт Івано-Франкове 81070, Україна*

*e-mail: dentek19@gmail.com, zaproz25@gmail.com, dykaolga7@gmail.com*

**Teklishyn D., Khomyn I., Ferenc N., Dyka O.** AGE STRUCTURE OF *GALANTHUS NIVALIS* L. COENOPOPULATIONS IN ROZTOCHYA NATURE RESERVE. The results of study of *Galanthus nivalis* L. coenopopulations in Roztochya Nature Reserve in 2020 are presented. We investigated the age states of individuals, number of all available age groups, percentage of age groups and the density of individuals per 1m<sup>2</sup>. The state of the investigated coenopopulations *Galanthus nivalis* L. is satisfactory, it is characterized by a sufficient density, the presence of four main age groups, invasive and normal populations type.

До видів рослин, які потребують охорони, належить підсніжник білосніжний. *Galanthus nivalis* L., занесений до Червоної книги України (1996, 2009). Одним із найбільш надійних критеріїв оцінки життєздатності, сталості й перспектив популяції рідкісних та таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів рослин є динаміка їхньої чисельності та онтогенетичної структури (Дмитраш, Шумська, 2014).

Віковий стан структури ценопопуляцій *Galanthus nivalis* L. у 2020 р. досліджували на вісьмох пробних ділянках природного заповідника "Розточчя". Вікову структуру визначали за методами, описаними О. О. Урановим (1969, 1973). На досліджуваних ділянках були виявлені особини *Galanthus nivalis* L. таких вікових станів: ювенільні (j), іматурні (im), віргінільні (v) та генеративні (g). У кожній ценопопуляції *Galanthus nivalis* L. визначали кількість наявних вікових груп і їхню чисельність. Проростки (p) цього виду з'являються восени, а навесні перетворюються в ювенільні особини, тому їх облік не проводили. Сенільні (s) особини у природних умовах утворюються дуже рідко, тому облік їх також не проводили. Тип вікових спектрів визначали за класифікацією Л. В. Денисової, С. В. Нікітиної (1985), а тип популяції – за класифікацією Т. О. Работнова (1950).

У 2020 р. вікові спектри ценопопуляцій *G. nivalis* на ділянках № 3, 4, 5, 12, 20, 4 є лівостороннього типу, у них переважають молоді особини. Загалом, усі досліджені ценопопуляції *G. nivalis* умовно неповночленні (не виявлено сенільних особин), інвазійного типу, оскільки в них переважають прегенеративні особини (p, j, im, v). Вони не здатні до самовідтворення і залежать від занесення насіння ззовні. Лише ценопопуляції на ділянках № 1 та № 2 були нормального типу, оскільки в них наявні всі вікові групи з переважанням генеративних особин.

Найбільша щільність особин у ценопопуляціях *G. nivalis* спостерігалася на ділянці № 4 (39 ос/м<sup>2</sup>), а найменша - на ділянці № 3 (10,9 ос/м<sup>2</sup>). Індекс відновлення має максимальне значення на ділянці № 20 (867,74 %), і мінімальне значення на ділянці № 2 (160,0 %).

Стан досліджених ценопопуляцій *Galanthus nivalis* L. є задовільний, оскільки характеризується достатньою щільністю, наявністю чотирьох основних вікових груп. Дані ценопопуляції належать до інвазійного та нормального типів. Для прогнозування змін стану ценопопуляцій необхідно проводити подальші моніторингові популяційні дослідження.

**Фітель М., Одінцова А.**

**МОРФОЛОГІЯ РЕПРОДУКТИВНИХ ОРГАНІВ І НАСІННЕВА  
ПРОДУКТИВНІСТЬ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*  
*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*  
*e-mail: fitelmaria429@gmail.com*

**Fitel M., Odintsova A. MORPHOLOGY OF REPRODUCTIVE ORGANS AND SEED PRODUCTIVITY OF *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.** The number of compound umbellate inflorescences, simple umbels and flowers in one umbel were calculated for ten model plants of *Heracleum sosnowskyi* near Staryy Jar village of Yavoriv district, Lviv region. One plant of *Heracleum sosnowskyi* develops 4-11 inflorescences, up to fourth order of branching. The main umbel produces 2520 seeds, the whole plant in reality produces 6218 seeds. Flower/fruit ratio is 89 %. Fruit size in *Heracleum sosnowskyi* decreases with the order of branching.

*Heracleum sosnowskyi* Manden – отруйна багаторічна рослина родини *Apiaceae*, яка вважається карантинною і високо інвазійною в Україні та інших європейських країнах. На жаль, такий небезпечний вид є недостатньо вивченим у плані насінневої продуктивності й анатомо-морфологічних пристосувань до розселення. Для боротьби з борщівником необхідно знати його насінневу продуктивність, тому наше дослідження полягало в тому, щоби визначити кількість плодів і насінин, які формуються у рослини *Heracleum sosnowskyi*. Збір і облік матеріалу проводили у 2019 р. на популяції, яку виявили поблизу с. Старий Яр (Львівська обл., Яворівський р-н). Для того, щоби дізнатися насінневу продуктивність особини, були здійснені підрахунки кількості суцвіть на особині, кількості зонтичків у суцвіттях I, II, III, IV порядків і кількості квіток у зонтичках на 10 модельних особинах середнього габітусу. Загалом, на одній рослині спостерігалось від 4 до 11 суцвіть – складних зонтичків. У середньому на одній рослині формується головне суцвіття зі 42 зонтичками, 2-4 суцвіття на пагонах II порядку, по 30 зонтичків у кожному, 1-4 суцвіття на пагонах III порядку, по 20 зонтичків у кожному, та іноді 1-2 суцвіття на пагонах 4 порядку, по 12 зонтичків в кожному. Виявилось, що в нашому матеріалі в одному елементарному суцвітті, тобто в зонтичку, на стадії плодоношення спостерігалось від 21 до 61 плодів, в середньому 34. Тобто з одного зонтичка може утворитися близько 60 насінин (по дві з кожного плоду). Враховуючи це, можна вирахувати, що на головному суцвітті I порядку може сформуватися до 2520 насінин (42x60). За нашими даними, на одній модельній особині, яка мала 7 суцвіть, було виявлено 3496 квіток, з яких плодоносять лише 3109, тобто формується 6218 насінин. Отже, 387 квіток залишаються стерильними або зазнали механічних ушкоджень в результаті чого не утворюють плодів. Тобто коефіцієнт плодоцвітіння дорівнює 89 %. Середні розміри плодів *Heracleum sosnowskyi* за нашими даними: ширина 6,1-6,9 мм, довжина 9,5-14,0 мм, товщина 0,6-0,9 мм, причому найбільші значення спостерігали у плодах із пагонів I порядку, а найменші – з пагонів III порядку. Найбільш помітною є різниця у значеннях довжини плодів на пагонах різних порядків галузнення.

За літературними даними, одна рослина *Heracleum sosnowskyi* в середньому продукує 20 тис. насінин, окремі екземпляри – до 100 тис. (Ткаченко, 1989; Антипина, Шуйская,

2009). Більшість мерикарпіїв (однонасінних половинок плоду) падає безпосередньо поблизу материнської рослини: за висоти рослини близько 2 м – у радіусі до 4 м. До осені в заростях борщівника на 1 накопичується до 12 тис. насінин. До весни залишається близько 2 тис. живих насінин на 1,90 % із яких проростають за сприятливих умов – у березні-квітні. Близько 5 % насінин зберігають схожість не менше 2 років (Практическое пособие..., 2005). На далекі відстані мерикарпії переносяться за допомогою автомобільного транспорту, на близькі – тваринами (на хутрі). Також мерикарпії розносяться за допомогою води, особливо по долинах річок під час весняних повеней. Взимку мерикарпії розносяться вітром по замерзлому ґрунті (Практическое пособие..., 2005; Kubice, Priede, 2010). Висока насіннева продуктивність *Heracleum sosnowskyi* та його здатність до рознесення за допомогою різних агентів роблять цей вид небезпечним для інших видів місцевої флори.

## ГЕНЕТИКА ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ GENETICS AND BIOTECHNOLOGY

**Гриньова А., Ткачук М.-М., Матійців Н.**

### ВПЛИВ МЕТАБОЛІЧНОГО СТРЕСУ НА ПРОЯВИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНОГО ФЕНОТИПУ МУТАНТІВ ЗА ГЕНОМ *SWISS CHEESE DROSOPHILA MELANOGASTER*

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: grinova22@gmail.com

**Hrynova A., Tkachuk M.-M., Matiytsiv N.** METABOLIC STRESS INFLUENCE ON NEURODEGENERATIVE PHENOTYPE OF *DROSOPHILA MELANOGASTER SWISS CHEESE* MUTANTS. Metabolic stress is a major contributor to the etiology of many neurodegenerative diseases. The purpose of this study was to examine the impact of starvation-induced metabolic stress on *Drosophila melanogaster swiss cheese* mutant phenotype. We revealed sensitivity of *sws<sup>1</sup>* mutants to starvation, resulting in increased lethality and degenerative phenotype observed in fly brain tissue after stress conditions.

Метаболічний стрес є важливим чинником розвитку нейродегенеративних розладів людини, зокрема, хвороб Альцгеймера і Паркінсона. Ген *swiss cheese (sws) Drosophila melanogaster* є ортологом гена *NTE* (нейротоксичної естерази) людини, який бере участь у розвитку широкого спектра нейродегенеративних захворювань – як спадкових, так і індукованих (Richardson et al., 2020). Для мутантів *sws* характерне надлишкове обгортання нейронів гліальними клітинами та їхнє апоптичне відмирання (Kretschmar et al., 2009). Перспективними є дослідження впливу стресу на розвиток і перебіг нейродегенеративних захворювань, що сприяє кращому зрозумінню молекулярно-генетичних механізмів, які лежать у їхній основі та є ще не до кінця з'ясованими.

Метою роботи було дослідити вплив метаболічного стресу за умов голодування на прояви нейродегенеративного фенотипу мутантів за геном *sws Drosophila melanogaster*. У досліді використали самців і самок лінії *sws<sup>1</sup> D. melanogaster*, – нульовий мутант за геном *sws* (із колекції проф. Д. Кретчмар, США). Контролем слугувала лінія дикого типу *Oregon-R*. Завдання полягало у дослідженні впливу голодування на виживання мутантів *sws<sup>1</sup>*, фенотип мозку, а також на інтенсивність перекисного окиснення ліпідів (визначали за вмістом ТБК-позитивних продуктів і дієнових кон'югатів).

Умови голодування створювали шляхом додавання по 150 мкл дистильованої води у пробірки з твердим агарозним середовищем і фільтрувальним папером. 5-денних самців і самок кожного генотипу розсаджували у такі пробірки по 10 особин та пересипали кожних 1-2 дні на свіже середовище протягом 5-7 днів. Контролем слугував 10 % розчин сахарози та 1 % розчин дріжджового екстракту. Підрахунок мертвих мух проводили на 2, 4 і 6-й день. Досліджували мінімум по 100 особин кожного генотипу. Статистичну обробку здійснювали за допомогою програмного забезпечення GraphPad Prism 8, достовірність перевіряли за допомогою Log-rank тесту. Рівень продуктів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) визначали у 12-денних особин після впливу голоду за стандартною методикою (Stalna et al., 1997).

У результаті проведених досліджень встановлено достовірне зниження відсотка виживання мутантів *sws<sup>1</sup>*, за умов метаболічного стресу порівняння з особинами на контрольному середовищі ( $P < 0.0001$ (\*\*\*)). Також виявлено підвищену чутливість мутантів *sws<sup>1</sup>* до голоду, порівняно з особинами дикого типу (*Oregon-R*). Аналіз тканин мозку мутантів *sws<sup>1</sup>* на гістологічних зрізах з оцінкою рівня пенетрантності та розміру зон

дегенерації показав посилення фенотипу після впливу метаболічного стресу (зростання кількості та площі вакуоль у всіх структурах мозку). Проте за впливу голоду не встановлено достовірного підвищення рівня маркерів ПОЛ.

Отже, мутанти за геном *sws* мають підвищену чутливість до умов метаболічного стресу, що проявляється у зниженні виживання та посиленні дегенеративного фенотипу мозку.

**Жукровська К.-О.<sup>1</sup>, Ющук О.<sup>1</sup>, Марінеллі Ф., Федоренко В.<sup>1</sup>**

**ПІДХОДИ ДО ГЕНЕТИЧНИХ МАНІПУЛЯЦІЙ З АКТИНОМІЦЕТАМИ -  
ПРОДУЦЕНТАМИ АНТИБІОТИКІВ РАМОПЛАНІНУ І ЧЕРСИНАМІЦИНУ**

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів 79005, Україна

<sup>2</sup>Університет Інзубрії, вул. Дунант, 3, м. Варезе, 21100, Італія  
e-mail: k.zhukrovska@gmail.com

**Zhukrovska K.-O., Yushchuk O., Marinelli F., Fedorenko V.** APPROACHING FLUENT GENETIC MANIPULATIONS IN RAMOPLANIN AND CHERSINAMYCIN PRODUCERS. Ramoplanin is a lipodepsipeptide antibiotic for the treatment of infections caused by multi-drug resistant Gram-positive pathogens. Understanding the mechanisms of ramoplanin biosynthesis is not complete and full enough. We constructed a number of plasmid vectors based on the integrative vector pSET152 (containing the *attP* region of the bacteriophage  $\phi$ C31) for overexpression of probable regulatory genes in *A. ramoplaninifer* and *M. chersina*, respectively. We have also developed and improved existing approaches to genetic manipulation of strains.

Рамопланін – ліпоглікодепсипептидний антибіотик, ефективний проти мультирезистентних грам-позитивних патогенів. Його продуцентом є *Actinoplanes ramoplaninifer* ATCC 33076. Рамопланін інгібує біосинтез пептидоглікану, зв'язуючи ліпід II, що блокує доступ до нього пеніцилін-зв'язувальних білків, унеможливаючи реакцію трансглікозилювання. Рамопланін не знайшов широкого застосування, бо підлягає швидкому гідролізу за внутрішньовенного введення. Актуальним є створення нових похідних рамопланіну з покращеними фармакокінетичними властивостями, а також пошук нових антибіотиків з групи ліподепсипептидів. Очевидно, що вивчення генетичних механізмів біосинтезу рамопланіну може допомогти розв'язати ці завдання. Механізми біосинтезу рамопланіну і його генетичний контроль вивчено недостатньо. Окрім рамопланіну, відомі й інші два продуценти споріднених сполук: ендурацидину – *Streptomyces fungicidicus* ATCC 21013, і черсинаміцину – *Micromonospora chersina* DSM 44151. Кластери генів їхнього біосинтезу (КГБ) помітно відрізняються від КГБ рамопланіну та потенційно можуть слугувати джерелом нових ферментів для комбінаторного біосинтезу його похідних.

Ми розпочали вивчення генетичних механізмів біосинтезу рамопланіну із його шлях-специфічної регуляції. Біоінформативний аналіз показав, що КГБ рамопланіну (*ramo*) містить такі ймовірні регуляторні гени: *ramo5* – кодує StrR-подібний регулятор, *ramo21-22* – двокомпонентну систему відповіді (*ramo22* – ген сенсорної гістидинкінази, а *ramo21* – регулятора відповіді), *ramo32* – РНК-зв'язувальний білок, а *ramo33* – ДНК-зв'язувальний транскрипційний регулятор родини LacI/PurR. Ми зосередилися на вивченні генів *ramo5*, *ramo21* і *ramo22*, а також гена *mcheStrR* *M. chersina* – ортолога *ramo5*. Враховуючи подібність *mcheStrR* та *ramo5*, цікаво дослідити, чи спроможні ці регулятори функціонувати перехресно.

Ми вивчили особливості морфології, динаміку росту, антибіотичну активність і стійкість до антибіотиків *A. ramoplaninifer* і *M. chersina* на різних живильних середовищах і визначили умови, оптимальні для споруляції та продукції антибіотиків. Ми модифікували

умови перенесення векторів у кон'югаційних схрещуваннях досліджуваних штамів з *E. coli*. Як платформу для надекспресії регуляторних генів ми обрали кон'югативний інтегративний вектор pSET152, який містить *attP*-сайт бактеріофага фС31 і ділянку *oriT* плазмиди RK2. На його основі ми сконструювали низку плазмід для надекспресії перелічених генів у *A. ramoplaninifer* і *M. chersina*, використавши як маркерні гени стійкості антибіотиків, до яких ці організми виявляли чутливість. Сконструйовано рекомбінантні штами *A. ramoplaninifer* і *M. chersina* із надекспресіями генів-регуляторів *ramo5*, *ramo21* і *ramo22*, а також *mcheStrR*, що дасть змогу оцінити їхній вплив на продукцію ліпоглікодепсипептидів.

**Івато О.<sup>1</sup>, Фінюк Н.<sup>1,2</sup>, Крищшин-Дилевич А.<sup>3</sup>, Боднар Л.<sup>1</sup>, Лесик Р.<sup>3</sup>, Стойка Р.<sup>1,2,3</sup>**

#### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ АНТИНЕОПЛАСТИЧНОЇ ДІЇ ПОХІДНИХ 4-ТІАЗОЛІДИНОНУ НА ПУХЛИННІ ТА НОРМАЛЬНІ КЛІТИНИ *IN VITRO*

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>Інститут біології клітини НАН України, вул. Драгоманова, 14/16, м. Львів, 79005, Україна

<sup>3</sup>Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького  
вул. Пекарська, 69, м. Львів, 79010, Україна  
e-mail: oksana.ivatoo@gmail.com

**Ivaty O., Finiuk N., Kryshchshyn-Dylevych A., Bodnar L., Lesyk R., Stoika R.,**  
STUDY OF MECHANISMS OF ANTINEOPLASTIC ACTION OF 4-THIAZOLIDINONE  
DERIVATIVES TOWARDS TUMOR AND NORMAL CELLS *IN VITRO*. The search for new  
drugs with effective and selective antitumor action is an urgent task of biology and medicine.  
Compounds based on 4-thiazolidinone derivatives are of particular interest as a source of new  
drug molecules. Under the action of Les-6287, Les-6294 and Les-6295 at 1  $\mu$ M, there were no  
changes observed in the morphology and DNA damage of lymphocytes of peripheral blood of  
clinically healthy human donors. Les-6287, Les-6294 and Les-6295 substances induced DNA  
damage in Jurkat T-cells. Les-6287, Les-6294 and Les-6295 affected the amount of apoptosis-  
associated proteins in these cells. The studied 4-thiazolidinones inhibited the transition of cell  
cycling in Jurkat T-cells: Les-6287, Les-6294 – G1/S phase, Les-6295 - G2/M stage of the cell  
cycle.

Пошук нових речовин із ефективною й селективною протипухлинною дією є актуальним завданням біології та медицини. Сполуки на основі похідних 4-тіазолідинону викликають особливий інтерес як джерела нових лікарських молекул.

Метою нашої роботи було дослідити вплив похідних 4-тіазолідинону Les-6287, Les-6294 та Les-6295 на проліферацію та клітинний цикл лейкозних Т-клітин лінії Jurkat за допомогою ДНК комет-аналізу в лужних умовах, Вестерн-блот аналізу протеїнів та цитоморфологічного дослідження клітин. Для порівняння використовували Т-лімфоцити периферичної крові здорових донорів (протокол № 2 від 27.01.2019 Комісії з біоетики Інституту біології клітини НАН України).

Встановлено, що Les-6287 та Les-6294 володіють більш вираженою протипухлинною активністю, ніж речовина Les-6295 щодо клітин лінії Jurkat Т-лейкозу людини. Речовини Les-6287 і Les-6295 були менш токсичними щодо нормальних Т-лімфоцитів периферичної крові людини, ніж доксорубіцин; токсичність Les-6294 була рівновеликою токсичності доксорубіцину. За дії Les-6287 у концентрації 1,5 мкМ, яка відповідає  $IC_{50}$ , виявлено 53,38 % ДНК у хвості комет, за дії Les-6294 у концентрації 3,5 мкМ – 48,35 % ДНК, за дії Les-6295 у концентрації 55 мкМ – 40,55 % ДНК у хвості комет Т-клітин лінії Jurkat. Доксорубіцин спричиняє вивільнення 40,91 % ДНК у хвіст комет Т-клітин лінії Jurkat. У контролі (необроблені клітини лінії Jurkat) виявлено незначний рівень пошкодження ДНК (7,7 %). За дії Les-6287 у концентрації 1 мкМ виявлено 4,3 % ДНК у хвості комет, за дії Les-

6294 у концентрації 1 мкМ – 4,7 % ДНК, за дії Les-6295 у концентрації 1 мкМ – 3,9 % ДНК у хвості комет Т-лімфоцитів периферичної крові людини. Незначний рівень пошкодження ДНК (2,7 %) виявлено у контрольній групі Т-лімфоцитів периферичної крові людини. Les-6287, Les-6294 і Les-6295 зумовлюють у Т-клітинах лінії Jurkat зміну кількості апоптоз-асоційованих протеїнів і протеїнів, задіяних у регуляції клітинного циклу.

За дії Les-6287, Les-6294 і Les-6295 у концентрації 1 мкМ у лімфоцитах периферичної крові людини клінічно здорових донорів не виявлено змін морфології та пошкодження ДНК. Речовини Les-6287, Les-6294 та Les-6295 індукують пошкодження ДНК (однониткові розриви, фрагментація та конденсація хроматину) у Т-клітинах лінії Jurkat. Les-6287, Les-6294 і Les-6295 зумовлюють зміну кількості апоптоз-асоційованих протеїнів у Т-клітинах лінії Jurkat. За дії речовин Les-6287, Les-6294 відбувається блокування переходу лейкозних Т-клітин лінії Jurkat від G1 до S фази клітинного циклу. У Т-клітинах лінії Jurkat Les-6295 спричиняє зупинку клітинного циклу на стадії G2/M.

**Кириєнко А.<sup>1,2</sup>, Парій М.<sup>2</sup>, Симоненко Ю.<sup>1,2</sup>, Кучук М.<sup>1</sup>, Щербак Н.<sup>1</sup>**

**IN VITRO AGROBACTERIUM-ОПОСЕРЕДКОВАНА  
ГЕНЕТИЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ РЕДАГУВАННЯ  
ГЕНОМУ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *TRITICUM* SSP.**

<sup>1</sup>Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України  
Україна, 03143, Київ, вул. Академіка Заболотного, 148б

<sup>2</sup>Всеукраїнський науковий інститут селекції  
Україна, 03022, Київ, вул. Васильківська, 30  
e-mail: anastasija.kirienko@gmail.com

**Kyriienko A., Parii M., Symonenko Yu., Kuchuk M., Shcherbak N.** This work contains the results of research on *Agrobacterium*-mediated genetic transformation with genome editing elements of the some *Triticum* ssp. As a result, we have *in vitro* T1 lines of *T.spelta* L. «Europe» which shows inserts of *bar* and *cas9* genes. The frequency of genetic transformation was 1.3%. These lines can survive on the medium with 5mg/l phosphinotricin.

Редагування геному рослин за технологією CRISPR-Cas9 дає змогу отримати біотехнологічні рослини, що мають покращені господарсько-цінні властивості. Наприклад, для представників роду *Triticum* ssp. принципове значення має висота рослин. Гени *rht* відповідають за цю ознаку і можуть бути генетично відредагованими, що дасть покоління рослин різних за висотою. Як робочі афідиплоїдні (2n=42) генотипи використали сорти озимих спельти (*Triticum spelta* L.) «Європа» та «Зоря України», а також пшениці м'якої (*T. aestivum* L.) «Бунчук». Для роботи рослинний матеріал наданий ТОВ «Всеукраїнський науковий інститут селекції». Розмір вибірки для кожного генотипу становив 50 шт. експлантів у 10 повторях. Для введення в культуру *in vitro* використали зрілі зародки. Поверхневу стерилізацію зерна робили в 96 % етанолі упродовж 5 хв та 10 хв у 5 % розчині гіпохлориту натрію, тричі відмивали стерильною дистильованою водою. Прекультивуацію експлантів вели на твердому живильному середовищі МС (Murashige-Скуга) (Murashige T., Skoog F., 1962) із вмістом 2 мг/л 2,4-Д та 10 мг/л нітратом срібла і 300 мг/л антибіотику цефтриаксону, у темряві за +24 °С, 7 діб. Для генетичної трансформації калюсних експлантів брали *Agrobacterium tumefaciens* Smith et Townsend штам ЕНА105. Агробактерії нарощували у вигляді нічної культури в рідкому живильному середовищі Лурія-Бертран (Luria S.E., Burroughs J.W., 1957), із додаванням антибіотиків (50 мг/л рифампіцину, 100 мг/л спектиноміцину) за температури +28 °С. Робоча оптична щільність агробактерій була OD<sub>600</sub> = 0,8. Генетичну трансформацію проводили шляхом інокуляції калюсних експлантів у рідкому живильному середовищі з агробактеріями (45 хв) та подальшою вакуумною інфільтрацією (3 підходи по 10 хв). Інокуляційне середовище за складом відповідало

прекультивацийному, але було позбавлене антибіотиків і нітрату срібла і доповнене 40 мг/л ацетосірінгоном. Генетичний вектор мав селективні гени *bar* та *cas9* ендонуклеази, послідовність guide-РНК довжиною 20 нуклеотидів, що є комплементарною до ділянки в гені *rht*. Кокультивування проводили у темряві на твердому живильному середовищі ідентичного складу прекультивацийному, без антибіотиків та нітрату срібла, при +24°C упродовж 4 діб. Потім експланти переносили на світло (16/8, день/ніч), на середовище МС для регенерації з 2 мг/л БАП, 0,5 мг/л НОК, 10 мг/л нітрату срібла, 300 мг/л (Kuriienko et al., 2021). Через 7 діб пасажували на середовище із селективним агентом фосфінотрицином (3 мг/л), далі через 21 добу переводили на 5 мг/л. Із рослин, які виявили стійкість до фосфінотрицину виділяли ДНК за методом ЦТАБ (Porebski S. et al., 1997). Далі проводили реакції ПЛР із праймерами до генів *bar* та *cas9*. В результаті проведених досліджень одержано покоління Т1 *in vitro* ліній спелти сорту «Європа» стійких до фосфінотрицину 5 мг/л, що одночасно містять генетичну вставку генів *bar* та *cas9*. Частота генетичної трансформації становила 1,3 %. Генотипи «Бунчук» та «Зоря України» добре вводились в культуру *in vitro*, однак з них не вдалось отримати жодної генетично-трансформованої лінії. Для того, аби відповісти на запитання чи відбулось повноцінне редагування генів за методом CRISPR-Cas9, робота в цьому напрямі досліджень триває.

**Ковтун О., Матійців Н., Чорна Л., Макух Г.**

**ЧАСТОТА СПАДКОВИХ ЧИННИКІВ ТРОМБОФІЛІЇ СЕРЕД ОСІБ  
МОЛОДОГО ВІКУ З ТРОМБОЗАМИ**

*ДУ «Інститут спадкової патології НАМН України»  
вул. М. Лисенка, 31-а., м. Львів, 79000, Україна  
e-mail: kovtun.ksenia1@gmail.com*

**Kovtun O., Mاتيysiv N., Chorna L., Makukh H.** FREQUENCY OF HEREDIC FACTORS OF THROMBOPHILIA AMONG YOUNG PEOPLE WITH THROMBOSIS. Venous thromboembolism (VTE) is a common vascular disease with multifactorial pathogenesis. Annual incidence ranges from 1–5 per 1000 individuals according to world authors. The frequency of common factors predisposed to thrombophilia: FV G1691A and G20210A among young patients with thrombosis was established. The study was performed by PCR followed by restriction analysis using specific endonucleases. The frequency of FV G1691A mutation was 40%, and FII G20210A mutation - 20% in the group of patients with thrombosis.

Венозна тромбоемболія (ВТЕ) – це поширене судинне захворювання з багатофакторним патогенезом, що призводить до двох основних клінічних проявів: тромбозу глибоких вен (ТГВ) і легеневої тромбоемболії (ТЕЛІА). Річна захворюваність коливається в межах 1-5 на 1000 осіб (E. Nizankowska-Mogilnicka, 2003). Виникнення ВТЕ відбувається за взаємодії між різними набутими та спадковими факторами ризику. Набуті фактори ризику (літній вік, онкопатологія, неактивний спосіб життя, недавні травми, хірургічне втручання або іммобілізація) можуть бути виявлені у 50 % випадків. Тоді як 20-50 % випадків можуть пояснювати спадковою схильністю до тромбофілії (Munzir Obaid, 2020).

Спадкова мутація фактора V Leiden G1691A (заміна гуаніну на аденін) у положенні 1691 екзона 10 призводить до заміни амінокислоти Arg на Gln у положенні 506 білкового продукту гена. У результаті фактор Va набуває стійкості до розщеплення активованим протеїном С (АПС) та інактивується у 10 разів повільніше, що сприяє утворенню тромбів. Серед різних етнічних популяцій частота мутації G1691A фактора V Leiden коливається від 1 до 15 %. Серед пацієнтів з тромбозами ця частота може збільшуватися до 30-60 % (Salwa Khan, 2006).

Мутація гена протромбіну G20210A виникає внаслідок заміни нуклеотиду гуанін на аденін у позиції 20210 гена протромбіну і призводить до підвищеного рівня вільно

циркулюючого протромбіну в плазмі крові та до розладів у системі гемостазу і тромбозу. Поширеність мутації FII G20210A у європейській популяції становить 1–4 %. За даними авторів встановлено, що для компаунд гетерозигот за мутаціями FV G1691A та G20210A ризик виникнення ВТЕ зростає у 20 разів (95 % ДІ 11,1 - 36,1), порівняно з 4,9 (95 % ДІ 4,1-5,9) для фактора V Leiden та з 3,8 (95 % ДІ 3,0-4,9) для мутації протромбіну (David Bosler, 2006).

У роботі встановлювали частоту факторів схильності до тромбофілії: FV G1691A та G20210A серед молодих пацієнтів із тромбозами. До дослідної групи увійшли 15 пацієнтів із тромбозами різної локалізації та ТЕЛА віком від 26 до 46 років (у середньому - 33,8 р.). Контрольну групу становили 55 здорових осіб, без тромботичних випадків і ТЕЛА в анамнезі.

ДНК виділяли з лейкоцитів периферичної крові методом висолювання. Ампліфікацію послідовностей ДНК *in vitro* проводили методом ПЛР з подальшим рестрикційним аналізом за допомогою специфічних ендонуклеаз (Thermo scientific, США). Продукти ампліфікації та рестрикції аналізували за допомогою електрофорезу в 2 % агарозному гелі, з додаванням бромистого етидію.

У результаті проведених досліджень мутацію FV G1691A в гетерозиготному стані виявили у 6 пацієнтів із тромбозами, що склало 40 %. У 3 пацієнтів виявлено мутацію FII G20210A у гетерозиготному стані, що становить 20 %. Крім того, виявлено 2 компаунд гетерозиготи за досліджуваними мутаціями. Мутації FV G1691A та G20210A успадковуються за аутосомно-домінантним типом і є найбільш частою причиною виникнення первинних тромбофілій. Отже, встановлена нами висока частота мутацій FV G1691A та G20210A, у поєднанні їх було виявлено у 60 % пацієнтів з тромбозами збігається з даними інших авторів (Salwa Khan, 2006). Аналіз спадкових чинників тромбофілії, а саме мутацій FV G1691A та G20210A, доцільно проводити серед пацієнтів з тромбозами і ТЕЛА для встановлення типу тромбофілії (набутої чи спадкової), ефективного запобігання та лікування тромбозів і тромбоемболії.

### **Козадасва Є., Криніна О., Колибо Д.**

#### **СТВОРЕННЯ ГЕНЕТИЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ ПЛАЗМІДНИХ ВЕКТОРІВ ДЛЯ ПРОКАРІОТИЧНОЇ ЕКСПРЕСІЇ, ЩО МІСТЯТЬ ГЕНИ ПРОТЕЇНІВ КОРОНАВІРУСУ SARS-COV-2 І ЇХНІХ ЗЛИТИХ КОН'ЮГАТІВ З НОСІЄМ CRM197**

*Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України  
вул. Леонтовича, 9, м. Київ, 01030, Україна  
e-mail: zhenia.kozadaeva@gmail.com*

**Kozadaieva Ye., Krynina O., Kolybo D.** DESIGNING OF GENETIC CONSTRUCTS USING PROKARYOTIC EXPRESSION VECTOR, ENCODING CORONAVIRUS SARS-COV-2 PROTEINS AND THEIR CONJUGATES WITH CARRIER CRM197. Two genetic constructs for prokaryotic transformation were designed. First carries Receptor Binding Domain (RBD) of SARS-CoV-2 S-protein and second its conjugate with CRM197. Both contain enterokinase site and His-tag and can be used for detection and isolation of target recombinant proteins.

Розробка вакцини проти SARS-CoV-2 є однією з основних проблем, вирішенням якої займаються вчені по всьому світу. Одна із стратегій – створення вакцини, що містить лише Receptor Binding Domain (RBD) домен протеїну S, який зв'язується з мембранним рецептором ACE2 та здатний викликати утворення нейтралізуючих антитіл, що перешкоджають проникненню вірусу в клітину. Підходом для підсилення імунної відповіді на рекомбінантні протеїни коронавірусу SARS-CoV-2 є використання високоімуногенного носія – протеїну CRM197, який є нетоксичним похідним дифтерійного токсину (ДТ).

Метою роботи було створити генетичні конструкції, що містять ген RBD-домену S протеїну SARS-CoV-2 та його злитого кон'югату з носієм CRM197.

На першому етапі було створено плазмідний вектор рЕТ24а-entero, який містить послідовність, котра кодує сайт щеплення ентерокіназою, що дозволить експресувати рекомбінантні протеїни з полігістидиновим тагом на С-кінці молекули і в подальшому відсікати його. Було отримано дві комплементарні олігонуклеотидні послідовності, які після відпалювання утворювали дволанцюгову ДНК з «липкими» кінцями для лігування за сайтами рестрикції NotI та XhoI. Вектор виділяли за допомогою лужного лізису та обробляли відповідним рестриктазами. Надалі вектор та вставку об'єднували в єдину конструкцію за допомогою Т4 ДНК лігази.

Наступним етапом було створення модифікованого протеїну коронавірусу, а саме RBD домену S-протеїну, об'єданого в одній рамці зчитування з нетоксичним похідним ДТ CRM197. Для цього було використано метод ПЛР індукованого подовження ділянки перекриття. Внесення бажаних нуклеотидних замін було здійснено під час першої ПЛР з використанням мутаційних праймерів, що були комплементарні ділянкам 3'-кінця RBD та 5'-кінця CRM197 та містили майбутню ділянку перекривання. Після другої ПЛР окремі фрагменти RBD та CRM197 об'єднувались у єдину нуклеотидну послідовність.

Надалі нуклеотидні послідовності генів, що кодують RBD домен S-протеїну окремо та у комбінації з CRM197, напрацьовували за допомогою ПЛР. Наявність та довжину ампліфікованих послідовностей аналізували за допомогою електрофоретичного розділення ПЛР-продуктів в 1 % агарозному гелі. ДНК-послідовності вставок та експресійний вектор з рЕТ24а-entero послідовно обробляли ендонуклеазами рестрикції NdeI та NotI та об'єднували в єдину генетичну конструкцію за «липкими» кінцями.

Отже, нами було отримано генетичні конструкції на основі плазмідного вектора рЕТ24а для експресії RBD домену S-протеїну коронавірусу та його злитого кон'югату з носієм – дифтерійним токсоедом CRM197, які мають низку особливостей, необхідних для забезпечення ефективної детекції та виділення цільового продукту.

**Кравчик Г., Дадашова Е., Голуб Н.**

**ПОРІВНЯННЯ ВПЛИВУ ТАУРИНУ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ЗГОДОВУВАННЯ  
НА РУХОВУ АКТИВНІСТЬ У ДИСТРОФІНОВИХ МУТАНТІВ  
*DROSOPHILA MELANOGASTER***

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського 4, Львів, 79005, Україна  
e-mail: galia5588com@gmail.com*

**Kravchik H., Dadashova E., Holub N.** COMPARING THE EFFECT OF TAURINE BY DIFFERENT METHODS OF FEEDING ON MOVING ACTIVITY OF *DROSOPHILA MELANOGASTER* DYSTROPHY MUTANTS. The influence of 0,1% taurine after larvar and adult feeding (LAF) and only adult feeding (AF) on moving activity of *Drosophila melanogaster* dystrophy mutants *DysDf//Tm6,Tb* was analyzed. The results showed the increasing of moving activity index of imago in 1,3-1,9 times after only AF comparing to untreated control. After LAF the index decreased in 1,1 – 1,5 times. After futher studies on vertebrates taurine may be recommended as a therapeutic agent in the treatment of Duchenne muscular dystrophy.

М'язові дистрофії Дюшена та Беккера – спадкові захворювання, які призводять до прогресуючої слабкості й дегенерації скелетних і спричиняють передчасну смерть хворих. Причиною виникнення цих міопатій є мутації в гені дистрофіну, які спричиняють недостатню експресію білка дистрофіну чи його повну відсутність. Ген дистрофіну міститься на X-хромосомі. Дистрофін – складова дистрофін-глікопротеїнового комплексу, що бере участь у передачі сигналу з позаклітинного матриксу до актинового цитоскелету та стабілізації сарколеми під час скорочення м'язів. Лікування таких захворювань сьогодні відбувається симптоматично гормонально (що не завжди ефективно і має певні побічні

реакції) або за допомогою методів високовартісної генної терапії. Тому пошук дешевих ефективних ліків – актуальний напрям досліджень. Особлива увага приділяється антиоксидантам. Таурин – це сірковмісна амінокислота, яка має антиоксидантну, імуномодуляторну, сечогінну дію, гальмує підвищення концентрації холестерину в крові. Введення таурину покращує функції скелетних м'язів.

Метою нашої роботи було порівняти вплив 0,1 % таурину лише за личинкового (ЛЗ) та за личинкового і дорослого згодовування (ЛДЗ) на рухову активність дистрофінових мутантів *Drosophila melanogaster*.

Матеріалом досліджень слугували лабораторна лінія дикого типу *Oregon* та лінія дистрофінових мутантів *DysDf//Tm6,Tb Drosophila melanogaster*. Дана лінія містить делецію, яка повністю охоплює ген дистрофіну *Dys*. Такі «справжні» делеційні мутанти за фенотиповим проявом близькі до м'язової дистрофії Дюшена людини.

Індекс рухової активності (ІРА) визначали на 1-3-й, 4-6-й, 7-9-й і 10-12-й дні життя імаго. Як контроль використовували необроблені лінії.

За ЛДЗ у лінії *Oregon* ІРА знижувався у 1,3–1,4 разу порівняно з необробленим контролем. У дослідної дистрофінової лінії *DysDf//Tm6,Tb* без обробки у імаго 1-3-денного віку ІРА становив 0,74, у 4-6-денних – 0,55, у 7-9-денних – 0,41, у 10-12-денних – 0,65. Після обробки 0,1 % таурином цей показник знижувався у всі дні досліду у 1,1 - 1,5 разу.

За згодовування 0,1 % таурину після вильоту імаго (ДЗ) у лінії *Oregon* ІРА знижувався на 4-12 дні досліду порівняно з контролем в середньому у 1,5 разу. У дослідної лінії *DysDf//Tm6,Tb* ІРА, навпаки, достовірно зростав на 4-12-й дні порівняно з необробленим контролем у 1,3 -1,9 разу.

Таким чином, 0,1 % таурин проявив негативний ефект на ІРА у мух дикого типу в обидвох серіях дослідів і за ЛДЗ у дистрофінових мутантів. Можна припустити, що, накопичуючись у надмірній кількості, таурин проявляє токсичний ефект на клітини. Проте лише за ДЗ у дистрофінових мутантів він, навпаки, зумовлював збільшення показників ІРА в 1,3 – 1,9 разу. Після подальших досліджень на хребетних таурин може бути рекомендований як БАД у терапії м'язових дистрофій.

**Лановенко О., Остапенко Е.**

#### ВИКОРИСТАННЯ МІКРОЯДЕРНОГО ТЕСТУ ЯК МЕТОДУ ОЦІНКИ ГЕНЕТИЧНОГО ГОМЕОСТАЗУ ЛЮДИНИ

*Херсонський державний університет  
вул. Університетська, 27, м. Херсон, 73 000, Україна  
e-mail: ostapenkoliza870@gmail.com*

**Lanovenko O., Ostapenko E.** THE USE OF THE MICRONUCLEAR TEST AS A METHOD FOR ASSESSING HUMAN GENETIC HOMEOSTASIS. When approbation of the micronucleus test technique, we found that the frequency of occurrence of cells with micronuclei and the quality of the prepared preparations are influenced by the technique of taking a scraping of the buccal mucosa. The nuclear dye azure-eosin according to Romanovsky-Giemsa allows to obtain better preparations for microscopic examination, to reveal as many violations of the structure and composition of cell nuclei as possible.

Стандартними методами оцінки впливу факторів навколишнього середовища на генетичне здоров'я людини раніше вважалися показники частоти і структури злоякісних новоутворень, вроджених вад розвитку, мимовільних викиднів, перинатальної смертності. За останні 25 років одним із практичних методів оцінки генотоксичних властивостей факторів навколишнього середовища став мікроядерний тест. Але в дослідженнях з його використанням ще не сформована єдина стандартна методика та критерії обробки даних експерименту, що іноді призводить до протилежних висновків стосовно одержаних результатів.

У цьому зв'язку мета дослідження – аналіз особливостей використання мікроядерного тесту букального епітелію ротової порожнини людини з урахуванням впливу методики проведення та факторів екзогенної й ендогенної природи на результати дослідження.

Кращими клітинами для оцінки мікроядер є клітини слизової оболонки щоки, оскільки вони перші контактують із багатьма небезпечними речовинами. Факторами, що збільшують частоту поширеності клітин букального епітелію з ядерними абераціями, є вплив хімічних речовин, важких металів, дія іонізуючого випромінювання, вірусні інфекції. Мікроядра можуть утворюватися внаслідок апоптозу та за малігнізації клітин. Між станом імунного та цитогенетичного статусу існує високий кореляційний зв'язок ( $r = 0,95-0,96$ ).

Під час апробації методики мікроядерного тесту нами встановлено, що на частоту трапляння клітин із мікроядрами та на якість виготовлених препаратів впливає техніка взяття зрізку слизової щоки. На відміну від зрізку за допомогою щітки стерильний шпатель проникає в епітелій більш глибоко, внаслідок чого можна одержати якісні препарати з більшою кількістю аномальних клітин.

На результат експерименту може вплинути використання різних ядерних барвників. Від типу барвника (орсеїну, метиленового синього, азур-еозину) залежить імовірність віднайдення клітин з аномальними ядрами в букальному епітелії. Порівняльний аналіз їх використання під час апробації методики показав переваги застосування азур-еозину за Романовським-Гімзою, оскільки цей ядерний барвник дає змогу одержати більш якісні препарати для мікроскопічного дослідження, виявити якнайбільше порушень структури та складу клітинних ядер.

Порівнюючи методики проведення мікроядерного тесту різними авторами під час їхньої апробації, ми встановили оптимальна послідовність здійснення техніки виготовлення препаратів: 1) взяття за допомогою стерильного шпателя, попередньо обробленого 96 %-ним спиртом, зрізку слизової оболонки щоки вище лінії змикання щелеп (попередньо слід сполоснути рот дистильованою водою); 2) нанесення мазка на чисте сухе предметне скло та підсихання його на повітрі; 3) забарвлення азур-еозином за Романовським-Гімзою; 4) аналіз від 1000 до 3000 клітин, відокремлених одна від одної. Дослідження, проведені зі студентами, які контактують на заняттях з анатомії із формальдегідом, показали збільшення у обстежених осіб кількості клітин з мікроядрами та протрузіями типу «розбите яйце».

**Лановенко О., Фоміна Ю.**

**СПАДКОВІ ФОРМИ РАКУ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ:  
ПОШИРЕНІСТЬ І СІМЕЙНИЙ АНАМНЕЗ**

*Херсонський державний університет  
вул. Університетська, 27, м. Херсон, 73000, Україна  
e-mail: foyul68@gmail.com*

**Lanovenko O., Fomina Y.** HEREDITARY BREAST CANCER: PREVALENCE AND FAMILY ANAMNESIS. Hereditary breast cancer develops on average 20 years earlier than non-hereditary, but the peak incidence of both cancers is reached after 60 years. The presence of at least two relatives with first-degree breast cancer increases the relative risk by at least 2.8 times. In the group of patients with the appearance of cancer in the third generation of the proband sisters found a strong correlation between hormonal disorders and the frequency of the disease ( $r = 0.76$ ).

Рак молочної залози (РМЗ) є найпоширенішою формою неоплазії (приблизно один випадок на дев'ять жінок). При цьому в 30% випадків захворювання передається в спадок. В абсолютно переважній більшості випадків причиною цього захворювання стають спорадичні мутації та епігенетичні зміни. Провідну роль в індукції та промоції

канцерогенезу відіграють генетичні порушення, спричинені накопиченням мутацій у соматичних клітинах, які згодом залучаються у процес непластичної трансформації (Імянітов, 2010). Проблема ускладнюється тим фактом, що спадковий рак молочної залози трапляється тільки у жінок, хоча цей синдром характеризується безсимптомною вертикальною передачею мутацій по чоловічій лінії.

Мета дослідження – визначити спектр етіологічних форм раку молочної залози, виявити родини з сімейною формою РМЗ та їхній генеалогічний аналіз, встановити фактори ризику.

За результатами анкетного опитування у 67 пацієнток Херсонського обласного онкологічного диспансеру різного віку і з різним ступенем розвитку РМЗ (I-IV) виявлено спадкові і неспадкові форми захворювання. Спадкові випадки онкологічного захворювання траплялися в кожному поколінні, через покоління і тільки у третьому поколінні. До групи хворих на рак у всіх трьох досліджуваних поколіннях увійшла 31 жінка (46,3 % від усіх опитаних і 64,7 % від усіх випадків спадкових форм раку грудей). До неспадкових форм РМЗ залучали гормональні порушення і спонтанні випадки. З 67 респондентів 48 мали сімейний анамнез раку (71,6 %), причому в їхніх родинах випадки раку різних органів трапилися або в усіх поколіннях, або протягом двох поколінь, або тільки в одному поколінні (брати чи сестри пробанда). У групі хворих з появою онкологічних захворювань в третьому поколінні в сестер пробандів виявлено сильну кореляцію між гормональними порушеннями і частотою захворювання ( $r = 0,76$ ).

Спадкова форма РМЗ у середньому розвивається на 20 років раніше, ніж неспадкова, проте пік захворюваності на обидва види РМЗ досягається після 60 років. Причиною цього явища є настання менопаузи та накопичення мутацій у зв'язку з віковими змінами організму. Гормональні порушення є причиною виникнення спадкової форми РМЗ: нами встановлено, що 35,3 % пацієнток зі спадковим РМЗ мали гормональні збої.

Спадкова форма РМЗ має тенденцію тривати більш агресивно, ніж сімейний рак грудей. Але жінки з сімейним анамнезом РМЗ мають більш високий ризик розвитку захворювання в молодшому віці, ніж жінки без такого анамнезу. Ступінь додаткового ризику варіюється залежно від того, чи був рак грудей діагностований серед родичів першого ступеня споріднення (батьки, брат, сестра або дитина), родичів другого ступеня споріднення (наприклад, бабуся і дідусь, тітка / дядько, брат) або кількох членів сім'ї. Наявність принаймні двох родичок з раком грудей першого ступеня споріднення збільшує відносний ризик як мінімум у 2,8 разу. Коли у обох батьків діагностований рак грудей, ризик для їхньої дочки зростає в десять разів (Laloo F., Evans D.G., 2012).

### **Левандівська С., Осташ І.**

#### **ВПЛИВ ГЕНІВ ЕКСПОРТУ ЛАНДОМЦИНІВ (*LANJ*, *S136\_3375*) НА РЕЗИСТЕНТНІСТЬ ДО АНТИБІОТИКІВ І РІСТ *STREPTOMYCES CYANOGENUS***

*Львівський національний університет імені Івана Франка*  
*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*  
*e-mail: sonyalev999@gmail.com*

**Levandivska S., Ostash I.** THE INFLUENCE OF LANDOMYCINS EXPORT GENES (*LANJ*, *S136\_3375*) ON DRUGS RESISTANCE AND GROWTH OF *STREPTOMYCES CYANOGENUS*. In this study we examined the effect of *lanJ* and *s136\_3375* genes on the synthesis of landomycins and the efficiency of their efflux. Deletion of both exporters in *S. cyanogenus* led to decreased growth in landomycins production medium and significant reduction of resistance to LaA compared to wild type. Further studies will provide a better understanding of mechanism of landomycins resistance in *S. cyanogenus*, in particular the influence of different genes involved in export.

*Streptomyces cyanogenus* S136 є єдиним природним продуцентом вторинного метаболіту Ландоміцину А (LaA). Ця сполука належить до родини ангуциклінових антибіотиків, вирізняється довгим вуглеводневим ланцюгом, що складається з шести залишків, і характеризується високою цитотоксичністю. LaA має вплив на ракові клітини, котрі стійкі до інших антибіотиків, широко використовуваних у медичній практиці. Ця особливість дає змогу припустити, що ландоміцини можуть слугувати молекулярними пробами для ідентифікації не відомих раніше мішеней хіміотерапії. Механізми стійкості продуцентів до цих сполук та їхня життєздатність в умовах синтезу високоцитотоксичних речовин достеменно невідомі і потребують детальних досліджень.

У геномі *S. cyanogenus* S136 міститься ген *lanJ* у межах кластеру генів синтезу ландоміцину А (*lan*-кластер), він кодує протон-залежний транспортер, задіяний у експорті ландоміцинів. За межами кластеру знайдено паралог цього гена – ген *s136\_3375*. У попередніх дослідженнях нами показано, що продукт гена *s136\_3375* також задіяний у викачуванні ландоміцинів за межі клітин та впливає на рівень синтезу цих сполук, хоча не так суттєво як LanJ. Досліджено штами *S. cyanogenus* J39 (делеція *lanJ*), *S. cyanogenus* Δ2 (делеція генів *lanJ* та *s136\_3375*), а також похідні від них штами *S. cyanogenus* J39(pMO30) та Δ2(pMO30) (місять плазмиду з геном *s136\_3375*), *S. cyanogenus* J39(pOOb104a) та Δ2(pOOb104a) (місять плазмиду з геном *lanJ*). Наше завдання полягало у кількісному аналізі синтезу LaA за умов комплементції мутантів за генами експорту ландоміцинів.

Штам *S. cyanogenus* Δ2, у якого відсутні обидва гени експорту, має суттєво знижений синтез ландоміцинів, порівняно з диким типом. Виходячи з цього, цікаво дослідити динаміку росту штаму Δ2 порівняно зі штамом S136. Виявлено, що за неферментативних умов ріст *S. cyanogenus* Δ2 практично не відрізняється від дикого типу, проте за умов синтезу ландоміцинів цими штамами спостерігається пригнічення росту штаму Δ2.

Продукт гена експорту *s136\_3375* фігурує в базі даних геному як білок, задіяний у мультирезистентності (*multidrug resistance protein 3*). Ми перевірили стійкість штамів *S. cyanogenus* S136 та Δ2 до низки антибіотиків та виявили незначну перевагу у стійкості дикого типу до частини досліджуваних сполук, проте відмінну різницю у стійкості до ландоміцинів, порівняно зі штамом Δ2. Ми перевірили стійкість штамів S136, Δ2, J39 та Δ3375 (делеція гена *s136\_3375*) до суміші ландоміцинів (LaA, LaB, LaD) і чистого LaA. Виявили суттєве зниження стійкості до LaA у штаму Δ2, в якого відсутні обидва гени, задіяні в експорт цієї сполуки.

### **Обрадович А., Васіна Л.**

#### **МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ НАНОЧАСТИКАМИ ДИОКСИДУ ЦЕРІЮ *RHODOTORULA GLUTINIS* У ТЕХНОЛОГІЇ БІОІНКАПСУЛЯЦІЇ *DAPHNIA MAGNA***

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

*Інститут біології, хімії та біоресурсів*

*вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012, Україна*

*e-mail: nobradovuch@gmail.com*

**Obradovych A., Vasina L.** THE POSSIBILITY OF USE OF *RHODOTORULA GLUTINIS* MODIFIED BY CERIUM DIOXIDE NANOPARTICLES IN BIOENCAPSULATION TECHNOLOGY OF *DAPHNIA MAGNA*. Cerium dioxide nanoparticles are able to mobilize the growth, enzymatic, antagonistic activities of *Rhodotorula glutinis* culture in the amount of 10 mM. This article shows the possibility of using a modified yeast culture in the technology of bioencapsulation of *Daphnia magna* to obtain a balanced feed facility for aquaculture.

Підвищення ефективності застосування пробіотиків в аквакультурі передбачає використання методів біоінкапсуляції живих кормів, зокрема зоопланктонних ракоподібних

*Daphnia magna*. Зоопланктон може виступати ефективним вектором у доставці біологічно активних речовин, засобів профілактичного й терапевтичного впливу на організми риб тому вважається «кормовими біокапсулами» (Dhont, 2017). Актуальним є пошук оптимального об'єкта, що здатний до синтезу БАР та характеризується пробіотичними властивостями для насичення дафній. Поява у трофічному раціоні кладоцер *Rhodotorula glutinis*, що можуть накопичувати білки, ліпіди, каротиноїди та екзополісахариди в комплексі та володіють антагоністичними властивостями, очевидно, дасть змогу підвищити ефективність живих кормів для вирощування личинок риб за умов аквакультування (Кушнірик, 2014). Раніше показано (Обрадович, 2020), що наночастинки  $\text{CeO}_2$  (НЧ  $\text{CeO}_2$ , НДЧ, синтезовані к.х.н. О. Б. Щербаковим, надані к.б.н., с.н.с. Н. М. Жолобак (ІМВ ім. Д.К.Заболотного НАН України, м. Київ, Україна), у концентрації 10 мМ нетоксичні для клітин *R. glutinis*, сприяють збільшенню біомаси та зростанню вмісту основних метаболітів дріжджових клітин, а отримана модифікована культура має підвищені антагоністичні властивості щодо окремих граммпозитивних та грамнегативних бактерій та стійкість за умов транслокації у шлунково-кишковому тракті, а саме за низьких значень рН, дії шлункових ферментів та жовчних кислот. Тому метою роботи був аналіз виживаності та зміни морфологічних параметрів *D. magna* за умов біоінкапсуляції отриманою культурою *R. glutinis*.

Культування зоопланктону здійснювали протягом 10 діб у емностях місткістю 500 мл, початкова щільність – 50 ос./л. Під час розведення дотримувалися 16-годинного фотоперіоду і температури  $22 \pm 2$  °C в умовах кліматичної кімнати, вносячи кожні 48 год як контрольний поживний субстрат культуру *R. glutinis*, вирощену на середовищі Сабуро, та культуру *R. glutinis*, насичену НЧ  $\text{CeO}_2$  у концентрації 10 мМ, як дослідний. Суспензії мікроорганізмів стандартизували за кількістю клітин  $24 \times 10^6$  на 1 л дистильованої води. Проводили підрахунок кількості *D. magna* кожні 48 год та зміну морфологічних показників (довжини та ширини) у кінці культивування (Кушнірик, 2014).

Експериментальні дані засвідчують, що при використанні *R. glutinis*, насиченої НДЧ, як кормового субстрату, щільність культури дафній зростає в 1,5 рази щодо контрольного вигодовування. Показано, що на фоні збільшення кількості особин *D. magna*, за умов живлення культурою, збагаченою НЧ  $\text{CeO}_2$ , зростають і розміри особин. Зокрема, при контрольному вигодовуванні розміри, в середньому, сягають  $2170 \times 1439$  мкм, при дослідному –  $3477 \times 1980$  мкм. Очевидно, це пов'язано з підвищенням продуктивних показників власне *R. glutinis* за умов модифікації наночастинками діоксиду церію, а також низькою токсичністю НДЧ щодо *D. magna*. Отже, використання модифікованої НЧ  $\text{CeO}_2$  культури *R. glutinis* як кормового субстрату для *D. magna* сприяє зростанню щільності культури зоопланктону та їхніх середніх розмірів. Отримані результати дадуть змогу підвищити ефективність використання живих кормів для вирощування личинок риб за умов аквакультури.

### Плигун В.

#### АНАЛІЗ МІКРО- ТА МАКРОСПОРОГЕНЕЗУ У ГІБРИДІВ МІЖ ЛІНІЯМИ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ З ІНТРОГРЕСІЯМИ ВІД *AMBLIOPYRUM MUTICUM* ТА СОРТАМИ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ

Національний університет «Києво-Могилянська академія»

вул. Сковороди, 2, м. Київ, 04655, Україна

e-mail: v.plyhun@ukma.edu.ua

**Plyhun V. MICRO- AND MACROSPOROGENESIS ANALYSIS OF HYBRIDS BETWEEN COMMON WHEAT LINES WITH INTROGRESSIONS FROM *AMBLIOPYRUM MUTICUM* AND COMMON WHEAT CULTIVARS.** The micro- and macrosporogenesis study in hybrids between wheat cultivars and introgression lines is important assessing the prospects

for using certain introgression lines as a source of alien genes. Micro-, macrosporogenesis, and microgametogenesis of  $F_1$  hybrids from reciprocal crosses of introgression lines with some wheat cultivars (AABBDD,  $2n=42$ ) were studied. During microsporogenesis a combination of metaphase plate with decondensed chromatin on the cell periphery was observed. In A1 bridge formation, lagging chromosomes, and tetrads with micronuclei were observed.

Інтрогресія до генетичного пулу пшениці м'якої генів від дикорослих родичів пшениці для її покращення за ознаками адаптації до умов зростання є завданням актуальним та таким, що розробляється у всьому світі (Нао, 2020). Першим етапом залучення чужинних генів до генофонду пшениці є створення інтрогресивних ліній з певним обсягом чужинного генетичного матеріалу; другим етапом – перенесення бажаних генів на генетичне тло сучасних комерційних сортів, яке залежить від регулярності процесів спорогенезу та гаметогенезу гібридних рослин. Вивчення мейозу в гібридів необхідне для оцінювання перспективності використання певних інтрогресивних ліній як джерела чужинних генів.

Цитологічну стабільність під час мікро- та макроспорогенезу вивчали на гібридах  $F_1$ , отриманих від схрещування інтрогресивних ліній, що походять від амфідиплоїда Авротіки (AABBTT,  $2n=42$ ), де TT є геномом диплоїдного виду *Ambliopyrum muticum* (Ierphimenko et al., 2018), та сучасних сортів пшениці м'якої (AABBDD,  $2n=42$ ) селекції СГІ НААН (Лелека, Селянка, Ніконія, Тіра, Панна, Одеська 267). Гібриди  $F_1$  отримували в реципрокних схрещуваннях з залученням інтрогресивних ліній як жіночого (7 гібридів) або чоловічого (24 гібриди) компонентів схрещування. Рослини  $F_1$ , стійкі до борошнистої роси, вирощували у польових умовах. Колосся з рослин брали на стадії, коли колос розташовується під другим листком, фіксували у фіксаторі Карнуа.

Усі гібриди характеризуються зменшенням асоціації хромосом у профазі мейозу порівняно з сортами пшениця м'якої, де така асоціація становить 21 закритий бівалент. У гібридів максимальна кількість закритих бівалентів у метафазі 1 не перевищувала 14, інші біваленти були відкритими. Часто спостерігали уніваленти, реєстрували окремі випадки формування квадрівалентів. Поява відкритих бівалентів і унівалентів свідчить про порушення кон'югації хромосом через наявність фрагментів чужинного генетичного матеріалу, який зменшує гомологію між хромосомами та обмежує можливість їхньої кон'югації. Кількість унівалентів у МІ у всіх гібридах завжди більша кількості зареєстрованих мікроядер. Отже, наявність унівалентів, як і відкритих бівалентів, не можна вважати ознакою значного порушення мейозу, яке буде супроводжуватися втратою генетичного матеріалу і зниженням фертильності. Суттєвими для фертильності порушеннями мейозу слід вважати появу деконденсованого хроматину на периферії ядра паралельно з метафазною пластинкою та наявність мостів між анафазними хромосомами, наслідком чого є демінуція хроматину. Зареєстровані випадки порушення чоловічого гаметогенезу з формуванням 3-7 генеративних ядер замість двох також можуть бути джерелом зниження фертильності гібридів. Гібриди  $F_1$ , отримані за участю інтрогресивних ліній як материнського компонента схрещування, характеризуються більш низькою цитологічною стабільністю порівняно з реципрокними гібридами, вони формують більшу кількість унівалентів і мікроядер у тетрадах.

**Роман І., Лелик І., Тістечок С., Федоренко В., Громико О.**

ХАРАКТЕРИСТИКА ШТАМУ АКТИНОМІЦЕТІВ *UMEZAWAEA SP.* DA 62-02

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

**Roman I., Lelyk I., Tistechok S., Fedorenko V., Gromyko O.** CHARACTERISTICS OF ACTINOMYCETE STRAIN *UMEZAWAEA SP.* DA 62-02. The strain *Umezawaea sp.* Da 62-02

isolated from the rhizosphere of *Deschampsia antarctica* E.Desv. (Galindez Island, Marine Antarctica). The studied strain produced a wide range of hydrolytic enzymes. In addition, this strain inhibited the growth of pathogenic bacteria and phytopathogenic fungi *B. cinerea*. Its genome consists of 11,469,175 bp with a G+C content of 70.62 %. AntiSMASH analysis revealed the presence of 49 clusters of genes potentially involved in the biosynthesis of secondary metabolites.

Актиноміцети — це група мікроорганізмів, які є продуцентами багатьох біологічно активних речовин (БАР), серед яких антибіотики, стимулятори росту рослин, вітаміни, ензими та ін. Найкраще дослідженим серед актиноміцетів є рід *Streptomyces*, представники якого продукують до 17 % відомих на сьогодні БАР [Harir, 2018]. Не менший інтерес викликають рідкісні роди класу *Actinomycetales* як потенційні продуценти нових антибіотиків. Особливо цікавими з цієї точки зору можуть бути актиноміцети, виділені з екстремальних середовищ існування, зокрема, Антарктики [Núñez-Montero, 2020].

Метою нашої роботи була оцінка властивостей представника рідкісного роду актиноміцетів *Umezawaea* sp. Da 62-02. Штам виділено з ризосфери *Deschampsia antarctica* E.Desv. (острів Галіндез, Морська Антарктика) в результаті прямого висівання змивів ризосфери на агаризоване вівсяне середовище. Штам *Umezawaea* sp. Da 62-02 міг рости за температури повітря від +4 до +28 °C та на середовищах з pH від 5 до 10. Досліджуваний штам продукував широкий спектр гідролітичних ензимів, зокрема, казеїнази, ліпази, пектинази, амілази та целюлази. Штам *Umezawaea* sp. Da 62-02 пригнічував ріст *E. coli*, мультирезистентних шпитальних штамів *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* та фітопатогенного гриба *B. cinerea*. Цей штам був стійкий до дії метранідазолу, поліміксину М, метициліну, оксациліну, цефтазиму, амфотерецину В, в зоні пригнічення росту пеніциліном утворювалися стійкі колонії.

Геном штаму *Umezawaea* sp. Da 62-02 становить 11,469,175 пн із вмістом Г+Ц 70.62 %. Анотація геному дозволила ідентифікувати 10140 генів, 61 ген tРНК, 3 гени рРНК, 22 регуляторні гени та 9 генів некодуючих РНК. Аналіз за допомогою програми antiSMASH v. 6.0 дозволив ідентифікувати 49 ймовірних кластерів генів біосинтезу вторинних метаболітів. Серед них по 6 кластерів синтезу нерибосомних пептид синтаз та лантепептидів, 3 кластери синтезу полікетид синтаз I типу, 8 кластерів синтезу терпенів, 2 кластери синтезу екстоїну та по 1 кластеру, які відповідають за синтез індолів, сидерофорів та олігосахаридів. Зокрема, було виявлено сім кластерів з високою гомологією до вже відомих кластерів генів біосинтезу, а саме: бафіломіцин В1 (61 %), індігоїдин (80 %), еритрепептин (75 %), ізоренієретен (80 %), геосмін (100 %), алкілрезорцінол (100 %) та макротерміцин (96 %).

Отримані результати вказують на високий потенціал штаму *Umezawaea* sp. Da 62-02 як джерела широкого спектру біологічно активних сполук, у т.ч. антибіотиків. Подальші дослідження, зокрема, хімічний аналіз вторинних метаболітів дадуть змогу оцінити природу сполук, які продукує ця культура.

**Сидорко Я., Братійчук Д., Ребець Ю., Остап І.**

**САЙТ-СПЕЦИФІЧНИЙ СПРЯМОВАНИЙ МУТАГЕНЕЗ ГЕНА RPSL  
У ШТАМІ STREPTOMYCES ALBUS**

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>Товариство з обмеженою відповідальністю «Експлоджен»  
вул. Зелена 20, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: sidorko668@gmail.com

**Sydorko Y., Bratiichuk D., Rebets Y., Ostash I. SITE-SPECIFIC MUTAGENESIS OF  
THE RPSL GENE IN THE STRAIN STREPTOMYCES ALBUS. Antibiotics are natural com-**

pounds mainly produced by microorganisms and are used in the medicine to treat various bacterial infections. Among the most important natural producers of antibiotics are bacteria of the genus *Streptomyces*. These bacteria possess a sets (clusters) of genes responsible for the biosynthesis of many natural products with diverse biological activities. Heterologous expression of such clusters is one of the methods of obtaining new antibiotics. For this purpose, several *Streptomyces* strains are used as hosts. Among them one of the most popular is *Streptomyces albus*. Here we report the improvement of *S. albus* performance as a host for heterologous production of natural products by introducing specific point mutations into *rpsL* gene encoding the ribosomal protein S12.

Антибіотики в класичному розумінні – це природні сполуки, які переважно синтезуються мікроорганізмами і використовуються у медицині для лікування різних бактеріальних інфекцій. Одними з природних продуцентів антибіотиків є бактерії роду *Streptomyces*. Ці бактерії несуть набори (кластери) генів, які відповідають за біосинтез різноманітних природних сполук із широким спектром біологічних активностей. Одним із способів пошуку нових антибіотиків є клонування та гетерологічна експресія цих кластерів генів. Для цих цілей кілька штамів *Streptomyces* використовуються як господарі для експресії. Зокрема штам *Streptomyces albus* є одним із найбільш важливих господарів завдяки простоті генетичних маніпуляцій у ньому. Однак, зазвичай рівень продукції сполук у гетерологічних умовах є недостатнім для їх ефективної ідентифікації та подальших досліджень.

Мета цього дослідження – покращити властивості штаму *S. albus* як господаря для гетерологічної експресії кластерів генів біосинтезу природних сполук шляхом введення специфічних мутацій у гені *rpsL* використовуючи сайт-специфічний мутагенез.

Для цієї роботи використано штам *Streptomyces albus* Del 14, у якому делетовано чотирнадцять кластерів генів, що відповідають за біосинтез різних антибіотиків. Було здійснено делецію гена *rsmG*, який кодує метилтрансферазу рибосомальної РНК. Відомо, що відсутність цього ферменту призводить до підвищення продукції біологічно активних сполук у актиноміцетів. Делецію гена *rsmG* здійснили з використанням касети стійкості до апраміцину, яку в подальшому видалили з хромосоми одержаного штаму. Ген *rpsL* кодує білок S12 малої субодиниці рибосоми, тому делеція цього гена матиме летальний ефект. Натомість мутація цього гена зумовлює стійкість до стрептоміцину і спричиняє підвищення синтезу антибіотиків. Для того, щоб ввести специфічні мутації в ген *rpsL* використано модифіковані ВАС клони, які несуть алелі гена *rpsL* з мутаціями K88R та K88E. Прямий кросингвер між хромосомною копією *rpsL* і вибраними ВАС клонами унеможливило селекцію мутантів. Тому спочатку у штам *S. albus* Del14  $\Delta rsmG/\Delta Am$  було перенесено ВАС 1F1 Am-*rpsL* (ген стійкості до апраміцину) та ВАС 1F10 Hvg-*rpsL* (ген стійкості до гігроміцину). Таким чином, у отриманому штамі ген *rpsL* фланкований маркерами Am і Hvg, що відкриває можливість відбору колоній з рекомбінацією між хромосоною та ВАС клонами, та, відповідно, відбору колоній із заміщенням гена *rpsL* на його мутантний варіант.

**Скворцова М., Граб П., Осташ І.**

АНАЛІЗ *IN SILICO* MFS ТРАНСПОРТЕРІВ  
У МОДЕЛЬНИХ ШТАМАХ СТРЕПТОМІЦЕТІВ

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: mstarling98@gmail.com

**Skvortsova M., Hrab P., Ostash I.** *IN SILICO* ANALYSIS OF MFS TRANSPORTERS IN MODEL STREPTOMYCES STRAINS. In this study, we represent the results of bioinformatic analysis of five *Streptomyces* model strains proteomes. The knowledge we get from this

study can provide an important basic information for landomycin transporter search in proteome of *Streptomyces cyanogenus*, which is an active producer of this antibiotic.

Транспортери – це засіб взаємодії мікроорганізмів із зовнішнім середовищем через різноманітні хімічні сполуки. Антибіотики, протиракові агенти, ферменти, імуносупресанти часто продукуються бактеріями як вторинні метаболіти і, як правило, експортуються транспортерами. Штам *S. cyanogenus* S136 є активним продуцентом ландоміцинів. Експорт цих антибіотиків вивчений не до кінця, тому актуальним питанням є пошук транспортерів, які, ймовірно, неспецифічно можуть експортувати ландоміцини у позаклітинне середовище. Оскільки геном *S. cyanogenus* S136 просеквенований, то для пошуку потенційних транспортерів ландоміцинів ми використали методи біоінформатики.

Мета нашої роботи – створити масив ортологів родини MFS із п'яти модельних штамів *Streptomyces* (*S. cyanogenus* S136, *S. coelicolor*, *S. venezuelae*, *S. albus*, *S. avermitilis*) і дослідити їхню філогенетичну спорідненість.

Користуючись базою даних транспортерів модельних штамів стрептоміцетів (Zhou, 2016) і програмою Blastp, знайдено ортологи цих білків у штамі *S. cyanogenus* S136. У результаті аналізу виявлено, що спільними ортологами для всіх п'яти досліджуваних штамів є 24 MFS-транспортери. У той час коли в протеомі штама S136 виявлено 71 MFS транспортер, лише два з них розташовані в кластерах генів вторинних метаболітів. Цікаво, що досліджувані у нашій лабораторії транспортери LanJ і 3375 під час філогенетичного аналізу в межах S136 є найближчими і займають одну кладу. А на філогенії MFS транспортерів усіх п'яти штамів вони значно віддаленіші. В результаті цієї роботи ми плануємо отримати модель транспорту вторинних метаболітів, характерних для багатьох стрептоміцетів і водночас специфічних для певних модельних штамів.

**Сорочинська Х., Горінь М., Матійців Н.**

#### РОЛЬ ГЕНІВ *MIR-281-1* ТА *MIR-966* У *DROSOPHILA MELANOGASTER* У ФОРМУВАННІ НЕЙРОДЕГЕНЕРАЦІЇ ТКАНИНИ МОЗКУ

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

**Sorochynska K., Horin M., Matiysiv N.** ROLE OF *DROSOPHILA MELANOGASTER* *miR-281-1* AND *miR-966* GENES NEURODEGENERATION OF BRAIN TISSUE. It was found that individuals with overexpression of the *miR-281-1* and *miR-966* genes at the sites of the *sws* expression – *sws-Gal4/UAS-miR-281*, *sws-Gal4/UAS-miR-966* showed a clear neurodegeneration between the retina and lamina of brain tissue. And individuals with overexpression of these genes in glial cells – *repo-Gal4/UAS-miR-281-1*, *repo-Gal4/UAS-miR-966* – form small vacuoles in different parts of the neuropil. In addition, miRNA mutants (*miR-281-1* and *miR-966*) showed resistance to metabolic stress conditions caused by starvation.

Регуляція експресії генів залучена у такі аспекти онтогенезу організму, як: ембріональний розвиток, диференціація стовбурових клітин, розмноження та старіння. Серед найважливіших регуляторів цих надзвичайно складних процесів є мікроРНК. Досліджено, що *miR-281-1* і *miR-966* регулюють рівень мРНК *swiss cheese(sws)* *Drosophila melanogaster*, який є критичним для функціонування нервової системи. Мутанти *sws<sup>l</sup>* характеризуються таким фенотипом, як «вакуолізація» тканини мозку, апоптоз нейронів, низька життєздатність, що посилюється під дією метаболічного стресу. Метою роботи було дослідити роль *miR-281-1* і *miR-966* у розвитку *sws* нейродегенерації.

Для дослідження впливу *miR-281-1* і *miR-966* застосовували систему UAS/Gal4, особливістю якої є тканинно-специфічна експресія. Для надекспресії мікроРНК ми схрестили кожен *UAS-miR-281-1* та *UAS-miR-966* лінію з драйверними лініями: *w<sup>\*</sup>*; *sws-*

*Gal4* (для паралельної експресії з геном *sws*), *repo-Gal4/TM3* та *act-Gal4/CyO*; *Tub-Gal80<sup>ts</sup>*. Зі схрещувань відбирали 20-денних мух для виготовлення парафінових зрізів тканини мозку товщиною 7µm та аналізували його фенотип. Як контроль ми використали гетерозиготні драйверні лінії. Для з'ясування ймовірного впливу зовнішнього стресового чинника на регуляцію мікроРНК і формування вакуоль у мозку ми піддали голодуванню мутантів за генами *miR-281-1* і *miR-966*. Метаболічний стрес здійснювали на основі 5-денного згодовування мухам дистильованої води. Як контроль використовували поживне середовище з 10 % розчину сахарози та 1 % розчину дріжджового екстракту. Гістологічні препарати аналізували під флуоресцентним мікроскопом Olympus IX73 з DP-74 (Japan).

З'ясували, що особини з надекспресією генів *miR-281-1* і *miR-966* у місцях експресії гена *sws* - *sws-Gal4/UAS-miR-281*, *sws-Gal4/UAS-miR-966* дають чіткий прояв нейродегенерації між ретиною та ламіною мозкової тканини. А особини з надекспресією цих генів у гліальних клітинах - *repo-Gal4/UAS-miR-281-1*, *repo-Gal4/UAS-miR-966* – формування невеликих вакуоль у різних ділянках нейропіля. Крім того, встановлено, що мутанти за miRNA, а саме *miR-281-1* та *miR-966* виявляють резистентність до умов метаболічного стресу, викликаного голодуванням, тоді як особини мутантні за геном *sws* – чутливі до таких умов.

На наступному етапі нашого дослідження буде проведено кількісний аналіз площі зон дегенерації у програмі ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>) за стандартних та стресових умов.

**Степанишин А., Мельник С., Остап Б., Ющук О.**

АНАЛІЗ МОВЧАЗНОГО КЛАСТЕРА ГЕНІВ БІОСИНТЕЗУ КРИПТИЧНОГО САЛІНАМІД-ПОДІБНОГО АНТИБІОТИКА У ПРОДУЦЕНТА ХЛОРОБІОЦИНУ *S. ROSEOCHROMOGENES*

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: [nastia.stepanyshyn@gmail.com](mailto:nastia.stepanyshyn@gmail.com)

**Stepanyshyn A., Melnyk S., Ostash B., Yushchuk O.** SILENT BIOSYNTHETIC GENE CLUSTER FOR A SALINAMIDE-LIKE CRYPTIC ANTIBIOTIC FROM CLOROBIOCIN PRODUCER *S. ROSEOCHROMOGENES*. Herein we present *in silico* analysis of a putative *sln*-like biosynthetic gene cluster from clorobiocin producer *S. roseochromogenes* and approach for its further experimental investigation.

*Streptomyces roseochromogenes* ssp. *oscitans* DS 12.976 – природний продуцент хлоробіоцину, амінокумаринового антибіотика. Окрім КГБ хлоробіоцину, геном *S. roseochromogenes* містить 43 КГБ різноманітних вторинних метаболітів. На даний момент невідомо, активні вони чи ні; деякі із них заслуговують особливої уваги, на кшталт КГБ подібного до КГБ салінамід – унікального депсипептиду із широким спектром дії. У цій роботі ми зосередилися на аналізі саме цього КГБ. Салінамід – група споріднених антибіотиків зі *Streptomyces* sp. CNB-091, симбіонта медузи *Cassiopeia xamachana*. Салінамід є інгібіторами РНК полімерази грам-позитивних та грам-негативних бактерій, зокрема, *Enterobacter cloacae* та *Haemophilus influenza*. КГБ салінамідів (*sln*) містить 14 генів. Гени *sln9-6*, *sln5* та *sln14* кодують нерибосомні пептид синтази (НРПС), МбН-подібний білок та гібридну НРПС/полікетид синтезу (ПКС), відповідно. До лінійного олігопептиду (від С- до N-кінця) входять: ізобутил-КоА, метилмалоніл-КоА, треонін, валін або ізoleyцин, 4-гідрокси-L-фенілглутамін (Hrg), фенілаланін, треонін та серин. Hrg – непротеїногенна амінокислота і *sln* несе гени його біосинтезу – *sln1-3*. Тіоестеразний домен останнього модуля НРПС каталізує циклізацію лінійного поліпептида, утворюючи дезметилсалінамід Е («кошик»). Далі, до «кошика» приєднується «ручка» – залишок 4-метил-2,4-гексадієнол-глутаміну (у чому задіяні продукти *sln11*, *sln12* та *sln9*), утворюючи дезметилсалінамід. Подальші модифікації включають O-метилування Hrg, що каталізується Sln4, та замикання «ручки кошика» на Hrg під дією P450 монооксигенази

Sln10. Цікаво, що один із салінамідів (В) галогенований, хоча в *sln* немає жодного гена галогеназ. *sln* також містить ген шлях-специфічного LuxR-подібного регулятора – *sln13*.

Володіючи цією інформацією, ми спробували передбачити біосинтез і структуру салінамід-подібної сполуки (попередньо названої неосалінамід) з *S. roseochromogenes* на основі знайденого КГБ (*nsl*). Виявилось, що більшість *nsl* генів є ортологами *sln*. Цікаво, що в *nsl* знайдено гени галогеназ – *nsl1* та *nsl2*. НРПС неосалінамиду значно відрізняються від НРПС *sln*. Найімовірніше, до складу «кошика» неосалінамиду входять (С > N): треонін, валін, Нрг, фенілаланін, треонін та серин. Важливо, що наявна збірка геному *S. roseochromogenes* містить розрив в одному з генів НРПС; отже, не можна виключати ймовірності існування пропущених модулів НРПС та ще більшої відмінності від *sln* НРПС. Гени, відповідальні за синтез, приєднання та замикання «ручки кошика», ідентичні в *sln* та *nls*. *Nls* також відрізняється тим, що гени біосинтезу Нрг не формують одного оперону, як їх ортологи із *sln*. Аналізуючи біосинтез салінамиду, припускаємо, що продуктом, чи радше продуктами, кластера *nsl* також є ряд схожих між собою сполук. Для практичного дослідження вторинного метаболізму *S. roseochromogenes* вирішено позбутися основного біосинтетичного шляху – хлоробіоцину. Було сконструйовано плазмиду для інсерційного нокауту генів *cloH* та *cloI* – рКОClo. Вона була створена на основі вектора рКС1132, куди по сайтах ендонуклеаз рестрикції *XbaI* та *EcoRI* було клоновано фрагмент генів *cloH* та *cloI* розміром 2304 п.н. Отриманий вектор було перевірено за допомогою рестрикційного картування. Ведеться робота над перенесенням цього вектора в *S. roseochromogenes*. Отже, проаналізовано новий КГБ салінамід-подібного депсипептиду, знайденого в геномі *S. roseochromogenes*. Передбачена структура цього антибіотика – неосалінамиду – відрізняється від структури салінамиду. Організація КГБ неосалінамиду – *nls* – також відмінна від організації *sln*. Усе разом це заслуговує подальшого експериментального вивчення. Поки невідомо, чи *nls* активний в *S. roseochromogenes*; у протилежному випадку ми збираємося застосувати шлях-специфічний регулятор, знайдений в *nld* – *nlsR* – для активування біосинтезу неосалінамиду.

**Титенко Н.<sup>1,2</sup>, Вольга Д.<sup>1,2</sup>, Парій М.<sup>2</sup>, Кучук М.<sup>1</sup>, Симоненко Ю.<sup>1,2</sup>**

**ТРАНЗІЄНТНА ЕКСПРЕСІЯ ГЕНА БАКТЕРІОЦИНА КОЛІЦИНУ М У РОСЛИНАХ  
МАХОРКИ *NICOTIANA RUSTICA* L. З ОТРИМАННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО  
РЕКОМБІНАНТНОГО БІЛКА**

<sup>1</sup>Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

вул. Академіка Заболотного 148б, Київ, 03143, Україна

<sup>2</sup>Всеукраїнський науковий інститут селекції

вул. Васильківська, 30, Київ, 03022, Україна

e-mail: nattytenko@gmail.com

**Tytenko N., Volha D., Parii M., Kuchuk M., Symonenko Yu.** TRANSIENT EXPRESSION OF THE BACTERIOCIN GENE OF COLICIN M IN PLANTS OF *NICOTIANA RUSTICA* L. TO OBTAIN FUNCTIONAL RECOMBINANT PROTEIN. This paper is show the results of the bacterial protein expression (colicin M) in *Nicotiana rustica* L. plants. The constructions with colicin-coding gene were used for the *Agrobacterium*-mediated transformation. The results of the study demonstrate clear signs of bacteriostatic activity in plant tissues that accumulated target protein according to control.

Виникнення мультирезистентних до антибіотиків штамів патогенних і умовно-патогенних бактерій потребує пошуку альтернативних засобів боротьби зі збудниками захворювань. Вивчення й отримання антибактеріальних протеїнів є ефективним напрямом вирішення цієї проблеми, але мікробіологічний синтез несе в собі ряд недоліків. У свою чергу, рослинні системи є ефективними продуцентами для цільових білків, їхнє використання значно здешевлює виробництво та знижує ризик контамінації кінцевого продукту патогенами ссавців та бактеріальними токсинами. У випадку транз'єнтно́ї експресії чужорідних генів у рослинах можливим є отримання високого рівня цільового

білка за відносно короткі терміни. Крім того, такі рослини не несуть трансген постійно в геномі, що знижує ризики витоку генетичного матеріалу в навколишнє середовище.

Метою нашої роботи було отримати біотехнологічні рослин махорки, що експресують ген рекомбінантного бактеріоцину коліцину М, шляхом *Agrobacterium*-опосередкованої транзгентної генетичної трансформації.

У роботі було використано дві генетичні конструкції – транскрипційну та вірусну, що несуть ген рекомбінантного коліцину М, який є геном інтересу. Вірусна конструкція також несе в собі ген полімерази вірусу картоплі Х для посилення ефективності експресії гена рекомбінантного коліцину.

Як вихідний матеріал використовували рослини махорки *Nicotiana rustica* L. Рослини махорки у віці 2-3 місяців, коли вони нарощували достатню біомасу, були трансформовані транзгентно шляхом інфільтрації листків бактеріальною суспензією *Agrobacterium tumefaciens* із транскрипційними та вірусними плазмідними векторами за методом *Agrobacterium*-опосередкованої транзгентної трансформації.

Наявність активного продукту фіксували починаючи з 5-7 днів від інфільтрації до 14-го дня, включно, а після цього спостерігали поступовий некроз тканин листку. Активність білка перевіряли дифузійним методом визначення чутливості, розміщуючи на щільному середовищі диски рослинної тканини із зони інфільтрації та контроль. Було показано пригнічення росту бактеріальних клітин у зоні діаметром > 2 мм, що оцінювали як чутливість до білка. Оцінку проводили щодо штаму *BL21(DE3)* бактеріальних клітин *E. coli*. Суттєвої різниці активності між продуктами експресії транскрипційних і вірусних конструкцій не спостерігали. Початок прояву антибактеріальної активності спостерігали раніше для вірусної конструкції порівняно із транскрипційною.

У результаті роботи отримано рослини, які продукували рекомбінантний білок коліцину М, що має антибактеріальну активність щодо бактерій групи кишкової палички.

### **Тістечок С.<sup>1</sup>, Федоренко В.<sup>1</sup>, Лужецький А.<sup>2</sup>, Громико О.<sup>1</sup>**

#### **АНАЛІЗ ПОСЛІДОВНОСТІ ЧЕРНЕТКИ ГЕНОМА ШТАМУ *STREPTOMYCES* SP. JE 1-369**

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>Saarland University, UdS Campus C2.3, Saarbrücken, 66123, Germany  
e-mail: stepan.tistechok@lnu.edu.ua

**Tistechok S., Fedorenko V., Luzhetskyy A., Gromyko O.** ANALYSIS OF THE DRAFT GENOME SEQUENCE OF *STREPTOMYCES* SP. JE 1-369. The genome of *Streptomyces* sp. Je 1-369, isolated from rhizosphere soil that exhibited promising antimicrobial properties, was sequenced and assembled. Its genome consists of 8 820 026 bp with a G+C content of 71.0 %. AntiSMASH analysis revealed the presence of 36 clusters of genes potentially involved in the biosynthesis of secondary metabolites.

Штам стрептоміцетів *Streptomyces* sp. Je 1-369 виділений із ризосферного ґрунту *Juniperus excelsa* (Bieb.). Цей штам демонструє широкий спектр антибіотичної активності проти тест-штамів грам позитивних, грам негативних бактерій та грибів. Геном штаму *Streptomyces* sp. Je 1-369 був просеквенований використовуючи Illumina MySeq в режимі швидкого запуску (2×250 нт) з парною відстанню 500 п.н.

Розмір генома штаму *Streptomyces* sp. Je 1-369 становить 8 820 026 пн із вмістом Г+Ц 71.0 %, що є типовим для стрептоміцетів. На обох кінцях хромосоми цього штаму наявні термінальні інвертовані повтори розміром 160 307 пн. Анотація генома цього штаму дала змогу ідентифікувати 7 695 імовірних кодуєчих послідовностей, 18 генів рРНК, які містяться у 6 оперонах, та 87 генів тРНК. За допомогою програми antiSMASH 5.0 (Blin et al, 2019) в геномі штаму *Streptomyces* sp. Je 1-369 ідентифіковано 36 передбачуваних кластерів генів біосинтезу вторинних метаболітів. Серед них по 3 кластери, що відповідають

полікетид синтазам (ПКС) I та II типів, по одному кластеру, які відповідають ПКС III типу, лантипептидам та сидерофорам, 2 кластери відповідають нерибосомальним пептид синтазам (НРПС), 8 кластерів відповідають за синтез терпенів, 4 гібридні кластери ПКС-НРПС, а також 3 кластери синтезу бактеріоцинів.

У термінальних інвертованих повторах по краях хромосоми розташовані по два кластери синтезу вторинних метаболітів. Один із них демонструє 60 % гомології з кластером синтезу антибіотиків фураквіноцинів (Kawasaki et al, 2006). Продукцію фураквіноцинів штамом *Streptomyces* sp. Je 1-369 було підтверджено з використанням ВЕРХ-МС та ЯМР. Крім вже описаних фураквіноцинів, штам *Streptomyces* sp. Je 1-369 продукує два нових фураквіноцини, а саме оксиметил і ацетилгідазин похідні фураквіноцину С.

Результати, отримані в даній роботі, демонструють хороший потенціал штаму *Streptomyces* sp. Je 1-369, як продуцента біологічно активних сполук. Подальша характеристика і аналіз послідовності чернетки генома цього штаму стрептоміцетів дасть змогу відібрати кластери-кандидати для гетерологічної експресії в штаммах-господарях з метою скринінгу ймовірно нових природних сполук.

### **Юсип І., Остап І.**

#### **ВЛАСТИВОСТІ ШТАМІВ *STREPTOMYCES TSUKUBAENSIS* ЗІ ЗМІНЕНОЮ ЕКСПРЕСІЄЮ ГЕНІВ ВТОРИННОГО МЕТАБОЛІЗМУ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*  
*вул. Грушевського, 4, Львів, 79005, Україна*  
*e-mail: iryna99yusyp@ukr.net*

**Yusyp I., Ostash I. PROPERTIES OF *STREPTOMYCES TSUKUBAENSIS* STRAINS WITH MODIFIED EXPRESSION OF GLOBAL REGULATORS GENES.** Tacrolimus – widely used immunosuppressant, produced by *S. tsukubaensis*. To increase synthesis of that medicine we constructed four strains with overexpression of global regulators LSR2, RmdB, LonA and mutant allele of *rpsL* gene. Bioassays show differences in tacrolimus production by the generated strains cultivated on several medium.

*Streptomyces tsukubaensis* — продуцент імуносупресанта такролімусу. Ця сполука вперше виділена в 1984 р. й тепер широко застосовується в трансплантології та інших галузях медицини. Тому доцільною є розробка штамів-надпродуцентів даної речовини.

Для отримання штамів зі зміненими властивостями застосовуються різноманітні підходи, одним з яких є маніпуляція генами, залученими у регуляцію вторинного метаболізму. Очікується, що надекспресія глобальних регуляторів метаболізму забезпечить активацію криптичних кластерів та збільшення рівня синтезу цільового продукту.

Мета нашого дослідження – визначити вплив низки генів на вторинний метаболізм *S. tsukubaensis*. Нами сконструйовано три штами *S. tsukubaensis* з надекспресією глобальних регуляторів LSR2, RmdB і LonA та меродиплоїдний штам за мутантним алелем гена *rpsL*. Рівень синтезу такролімусу в отриманих штаммах визначали за допомогою біотестів проти трьох тест-культур та порівнювали зі штамом дикого типу *S. tsukubaensis* NRRL18488. Також визначали рівень синтезу такролімусу на різних середовищах.

### **Шакун Д., Сирватка В., Федоренко В.**

#### **АКТИВАЦІЯ СИНТЕЗУ БІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН ҐРУНТОВИХ БАКТЕРІЙ СПОЛУКАМИ РІДКОЗЕМЕЛЬНИХ МЕТАЛІВ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*  
*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*  
*e-mail: dashashakun010@gmail.com*

**Shakun D., Syrvatka V., Gromyko O., Fedorenko V. ACTIVATION OF SYNTHESIS OF BIOACTIVE SUBSTANCES OF SOIL BACTERIA BY COMPOUNDS OF RARE-EARTH METALS.** Mankind needs more and more new antibiotics. And the potential for biologically ac-

tive compounds is greatly underestimated due to “silent” clusters of genes that are not expressed under normal conditions for culturing microorganisms. The use of rare earth elements is a potentially successful way to activate “silent” genes.

Ґрунтові бактерії, зокрема, актиноміцети добре відомі своєю здатністю продукувати різноманітні натуральні продукти – вторинні метаболіти, що широко використовуються у фармацевтичній промисловості та сільському господарстві. Проте потенціал отримання біологічно активних речовин є недооцінений через «мовчазні» кластери генів, що не експресуються за звичайних умов культивування мікроорганізмів. Аналіз геномів і математичні моделі передбачають тисячі потенційних протимікробних біологічних речовин в актиноміцет. Тому актуальним є вивчення регуляції вторинного метаболізму, зокрема, активації продукції біологічно активних речовин у різних штамх ґрунтових бактерій.

Є різні підходи для активації експресії «мовчазних» кластерів генів, зокрема, молекулярні, хімічні та біологічні методи. Нещодавні дослідження показують позитивний вплив рідкоземельних елементів на активацію біосинтезу вторинного метаболізму. Рідкоземельні елементи – це 17 металів, зокрема, Скандій, Ітрій і 15 лантанодів, завдяки їхнім властивостям, широко застосовуються в промисловості. Біологічна дія рідкоземельних елементів є невивченою. Встановлено, що рідкоземельні метали (зокрема, Скандій) у низьких концентраціях підвищують продукцію антибіотиків, а також активують деякі «мовчазні» гени у кількох видів *Streptomyces* sp., проте механізм їхньої дії невідомий. Тому вивчення впливу рідкоземельних елементів на мікроорганізми, зокрема, на активацію синтезу біоактивних речовин є актуальним.

Метою нашого дослідження було вивчити здатність сполук Церію та Скандію активувати синтез біологічно активних сполук у ґрунтових бактеріях. Всі експерименти проведено на базі колекції культур мікроорганізмів продуцентів антибіотиків кафедри генетики та біотехнології Львівського національного університету імені Івана Франка. Було вивчено дію сполук Церію та Скандію на морфологію та ріст мікроорганізмів а також їхню здатність активувати синтез антимікробних речовин та індолілоцтової кислоти. Нами зафіксовані зміни продукції антимікробних речовин, індолілоцтової кислоти і морфологічні показники досліджуваних штамів, зокрема, у родів *Streptomyces* sp., *Promicromonospora* sp., *Nocardia* sp., *Umezawaea* sp. та *Amycolatopsis* sp.

**Aristova D.<sup>1</sup>, Kosach V.<sup>1</sup>, Chernii S.<sup>1</sup>, Lukashov S.<sup>1</sup>, Slominskii Yu.<sup>2</sup>,  
Yarmoluk S.<sup>1</sup>, Mokhir A.<sup>3</sup>, Kovalska V.<sup>1,4</sup>**

#### TRIMETHINE CYANINE DYES AS EFFICIENT FLUORESCENT PROBES FOR NUCLEIC ACIDS DETECTION AND VISUALISATION

<sup>1</sup>*Institute of Molecular Biology and Genetics NASU  
150 Zabolotnogo Str., 03143 Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Institute of Organic Chemistry NASU  
5 Murmans'ka St., 02094 Kyiv, Ukraine*

<sup>3</sup>*Organic Chemistry II, Friedrich-Alexander-University of Erlangen-Nuremberg  
10, Nikolaus-Fiebiger-Str., 91058 Erlangen, Germany*

<sup>4</sup>*Scientific Services Company Otava Lt  
150 Zabolotnogo St., 03143 Kyiv, Ukraine  
e-mail: dar.arist@gmail.com*

Nowadays, analysis of nucleic acids is required for a wide range of biomedical studies and diagnostics assays. One of the most convenient and broadly used approaches for quantitative detection of nucleic acids and their visualization in the cells is based on dyes, which have a weak fluorescence in the unbound state but strongly increase their fluorescence while binding nucleic acids. Highly sensitive probes of this type are based on cyanine dyes.

We have studied the series of symmetrical benzothiazole and benzoxazole trimethine cyanine dyes with different substituents in the polymethine chain as probes for nucleic acid

detection in solution and for staining live and fixed cells in fluorescence microscopy. The research methods included fluorescence spectroscopy and fluorescence microscopy.

Spectral measurements have shown that the dyes possess low to moderate fluorescence intensity in a free state, but it increases in the presence of nucleic acids. Excitation and emission wavelengths maxima of studied dyes depend on heterocycles in dyes structures: benzoxazole trimethine cyanines in a free state are excited on 488 – 493, and fluorescence maxima locate on 501 – 506 nm while dyes with benzothiazole heterocycle have excitation maxima in the range of 552 – 560 nm and emission maxima - 564 – 580 nm. The highest emission increase was observed for benzoxazole dye L-1 and benzothiazole dye L-2 in the presence of RNA (up to 65 and 83 times, respectively). Simultaneously, the fluorescence sensitivity of these dyes to DNA was several times lower.

Staining of live cells has shown that all studied dyes penetrate the cell and stain large nuclei structures, probably, nucleoli. All studied dyes also give moderate to bright staining to the cytoplasm. Optimal concentrations for these dyes are relatively low – bright cell staining was observed at the concentration 0.1  $\mu\text{M}$  for L-1 and 1  $\mu\text{M}$  for L-2. It was shown that studied dyes stained the same structures in fixed cells (nucleoli and partially cytoplasm).

It should be mentioned that benzothiazole cyanine dyes at a staining of live cells quickly photobleached under direct irradiation of xenon lamp of an epifluorescence microscope. Thus, these dyes are poorly suited for live-cell imaging using this visualization technique. Contrariwise benzoxazole cyanine dye L-1 gives stable, bright staining of the nucleoli with minor cytoplasm staining.

Thus, it is shown that different substituents and the structure of heterocycles affect fluorescence properties and the applicability of the cyanine dyes in fluorescence microscopy. We propose benzoxazole cyanine dye L-1 as a perspective probe for RNA visualization using fluorescence microscopy for live and fixed cells.

This work was supported by the grant H2020-MSCA-RISE N872331.

**Deneka M., Ostash B., Ostash I.**

#### THE IMPACT OF LANDOMYCIN GLYCOSIDE CHAIN ON BINDING OF LANKJ PROMOTER BY LANK PROTEIN.

*Ivan Franko National University of Lviv  
4, Hrushevskiyi St., Lviv, 79005, Ukraine  
e-mail: deneka803@gmail.com*

One of the key roles in the functioning of secondary metabolism is played by regulators, both global, such as *adpA*, and path-specific. The TetR-like transcriptional repressor LanK is involved in the regulation of landomycin synthesis and export by the LanJ transporter protein. LanK interacts with several sites of operator within bidirectional lanKJ promoter. Previous research has shown that in addition to DNA binding, LanK is able to bind landomycin A, E and B, but does not interact with their precursors, landomycin D and sugar-free landomycinone. Landomycin A, E and B inhibit DNA binding to LanK. Therefore, we suggest a key role for the length of the carbohydrate chain in binding to the LanK protein.

Studies of inhibition of the interaction of LanK with DNA glycosidic chain of landomycin were performed by analyzing changes in electrophoretic mobility of DNA-protein complexes (EMSA - Electrophoretic Mobility Shift Assay). The interaction of both the hexasaccharide and the trisaccharide component of the chain was investigated. As a result, it was found that hexasaccharide as well as trisaccharide probably cause conformational rearrangements of the protein, which lead to inhibition of the DNA binding reaction by the LanK protein.

Overall, it is the carbohydrate chain of landomycin that shows affinity for the active site of the protein, which causes the inhibition of the binding properties of LanK. Aglicon part of landomycins is not involved in interaction with LanK/Further study of this repressor will provide a better understanding of the ways of regulating secondary metabolism, as well as allow the use of the gene of this protein as a potential biotechnological tool.

**Kachor A.<sup>1</sup>, Tistechok S.<sup>1</sup>, Fedorenko V.<sup>1</sup>, Тымчук І.<sup>2</sup>, Konechnyi Y.<sup>2</sup>, Gromyko O.<sup>1</sup>**

ANTIMICROBIAL AND ANTIBIOTIC  
BIOSYNTHETIC POTENTIAL IN ACTINOMYCETES FROM  
*PHYLLOSTACHYS VIRIDIGLAUCESCENS* (CARR.) A. ET C. RIVIERE RISOSPHERE

<sup>1</sup>*Ivan Franko National University of Lviv*

*Hrushevskiyi St., 4, Lviv, 79005, Ukraine*

<sup>2</sup>*Danylo Halytsky Lviv National Medical University*

*12, Zelena str., Lviv, 79005, Ukraine*

*e-mail: anya.aiva18@gmail.com*

Actinomycetes are one of the main producers of biologically-active compounds used in many industries, especially in medicine. Antibiotic resistance of infectious agents is a serious problem in clinical medicine. The antimicrobial resistance development makes traditional therapy ineffective. The treatment of infections becomes more difficult and often more expensive (Kolbin et al., 2010). Resistant microorganisms with multiple drug resistance and high virulence are frequent pathogens of the most complex forms of nosocomial infections, especially in intensive care units and cardiac surgery. In view of this, a lot of research are aimed at identifying new producers of biologically-active compounds among actinomycetes isolated from natural ecosystems, especially from poorly studied ecosystems (Maged et al., 2017).

The aim of our research was to study the antibiotic activity against multidrug-resistant strains and antibiotic biosynthetic potential in actinomycetes from *P. viridiglaucescens* (Carr.) A. et C. Riviere rhizosphere.

130 strains of actinomycetes from *P. viridiglaucescens* (Carr.) A. et C. Riviere rhizosphere were used in the work. Multidrug-resistant strains, such as methicillin resistant *S. aureus* 120 (MRSA), *C. albicans* № 12, *K. pneumoniae* № 72, *P. aeruginosa* № 12, *P. vulgaris* № 63, were used to study antimicrobial properties. Our work shows that 9 strains of actinomycetes from *P. viridiglaucescens* (Carr.) A. et C. Riviere rhizosphere have activity against clinical methicillin resistant *S. aureus* 120, 8 strains have activity against *K. pneumoniae* № 72 strain and 1 strain have activity against *P. vulgaris* № 63. 1 strain of actinomycetes have activity against *C. albicans* № 12 strain and studied actinomycete strains do not show activity against the multidrug-resistant strain of *P. aeruginosa* № 12.

Genomic DNA of all tested actinomycete strains was screened by PCR for the Type-I polyketide, Type-II polyketide, NRPS, aminoglycoside, polyene and isoprenoid biosynthetic gene clusters. Our work shows that 73 % actinomycete strains have Type-I polyketide biosynthetic gene clusters, 58,5 % actinomycetes have Type-II polyketide BGC, 23,8 % strains have polyene BGC, 19,2 % tested actinomycete strains have aminoglycoside BGC, 10,8 % strains have isoprenoid BGC and 6,9 % have NRPS biosynthetic gene clusters.

The results show the possibility of isolation potential producers of new antibiotic compounds capable of inhibiting the growth of multidrug-resistant strains. The information provided by PCR screening contributes to a full description of antibiotic-producing strains and it allows to assess the antibiotic biosynthetic potential in actinomycetes from *P. viridiglaucescens* (Carr.) A. et C. Riviere rhizosphere.

**Kulyk N., Syrvatka V., Gromyko O., Ostash B., Fedorenko O.**

INTERACTION OF SILVER NANOPARTICLES-ANTIBIOTIC COMPLEXES  
WITH *STREPTOMYCES ALBUS*: STABILITY OF NANOPARTICLES  
AND ANTIBACTERIAL EFFECT

*Ivan Franko National University of Lviv*

*4, Hrushevskoho str., Lviv, 79005, Ukraine*

*e-mail: nadiia.kulyk@lmu.edu.ua*

Antibiotic resistance is the capability of bacterial cells to prevent antibiotic toxic effects. Over the years bacteria are evolving and improving their mechanisms of protection from

antibiotics. Bacteria-caused diseases become more difficult to treat due to the spreading of resistance mechanisms. Using new active drug compounds as conjugated nanoparticles can help resolve this problem.

Metal nanoparticles have been widely studied due to their unique physicochemical characteristics, optical, electronic, magnetic properties and antimicrobial activity. The antimicrobial effect of nanoparticles is extremely excellent, due to the multi-targeted antibacterial effects and large ratio of surface area to volume, which provides a larger area of contact with bacterial cells. Nanoparticles are used as drug delivery systems to the cell. The mechanism of antimicrobial activity is to link with a negatively charged bacterial cell wall, destabilization and changing its permeability. Since not many of bacterial species are resistant to nanoparticles, it gives relevance to its study and further promising usage in medicine. Silver is the most popular antibacterial and antifungal agent, employed to treat infections and wounds, since ancient times. However, the synthesis of nanoparticles must include their stabilization for its long-term stability and flexibility.

The main aim of the study was to determine the antibacterial properties of silver nanoparticles-antibiotic complexes to *Streptomyces albus*. For these experiments were used complexes of silver nanoparticles (AgNPs) with different antibiotics: ampicillin (AMP), cefotaxime (CXM), ceftriaxone (CRO), cefuroxime (CTX), chloramphenicol (CHL), novobiocin (NVB), teicoplanin (TEI), and vancomycin (VAN). The nano properties of the complexes were confirmed before using by spectrophotometry and transmission electron microscopy. Antibacterial properties of the synthesized complexes were determined using MIC and MBC in GYM and TSB medium. Antibiotic solutions in the same concentrations without silver nanoparticles were used as controls. We used strains *Streptomyces albus*: J1074, KO-1305, KO-1402, KO-1407, KO-1408 and AB in experiments. Nanoparticles stability after 48h of bacteria exposure was assessed by surface plasmon resonance peaks measurement using a spectrophotometer.

We obtained results that prove the effectiveness of nanoparticles and their joint action with antibiotics. In the wild type and  $\Delta AB$ , significant growth inhibition was observed in groups treated by complexes nanoparticles with NVB, CTX and CXM compare to the antibiotic alone. Minimum inhibition concentration of complexes nanoparticles-antibiotic were 0.55-0.85 mM AgNPs-TEI, 0.1-0.5 mM AgNPs-VAN, 5.5-8.0 mM AgNPs-CHL, 5.5-8.0 mM AgNPs-CXM, 4.5-7.5 mM AgNPs-CTX, 5.5-8.0 mM AgNPs-CRO, 1.5-8.0 mM AgNPs-AMP, and 4.5-8.5 mM AgNPs-NVB.

Thus, the silver nanoparticles can improve the antibacterial properties of antibiotics and overcome resistance to them.

**Piatetska D.<sup>1</sup>, Zhdanyuk V.<sup>1</sup>, Pirog T.<sup>1,2</sup>**

ACTIVITY OF TRYPTOPHAN TRANSAMINASE  
OF *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* IMV AC-5017  
UNDER THE INFLUENCE OF TRYPTOPHAN

*1 – National University of Food Technologies*

*68, Volodymyrska St., Kyiv, 01033, Ukraine*

*2 – Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NAS of Ukraine*

*154, Academician Zabolotny St., Kyiv, 03680, Ukraine*

*e-mail: Dashka2310@gmail.com*

It is known that approximately 80 % of phytohormone producers form indole-3-acetic acid (IAA) from tryptophan through indole-3-pyruvate (IP). The key enzyme of (IP) pathway is tryptophan transaminase. Therefore, to confirm that the introduced tryptophan will be involved in the biosynthesis of auxins, the activity of a key enzyme is analyzed.

Strain *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 was grown in the liquid mineral medium with 2 % ethanol. Tryptophan was added into the medium as a 1 % solution in an amount of

300 mg/l at the beginning of the process or at the end of the exponential growth phase. The activity of tryptophan transaminase was determined by the formation of indole-3-pyruvate from L-tryptophan and 2-oxoglutarate, which was analyzed spectrophotometrically at 330 nm.

Investigating the auxin-synthesizing ability of *R. erythropolis* IMV Ac-5017, we summarized that the introduction of tryptophan into the culture medium of the strain allowed to increase the total amount of auxins by 20–40 times compared to that without a precursor of biosynthesis. In the following research it was found that the introduction of the amino acid in the culture medium of IMV Ac-5017 was accompanied by an increase in tryptophan transaminase activity. In the case of cultivation on medium with 300 mg/l of tryptophan, added at the lag phase (452 nmol·min<sup>-1</sup>·mg<sup>-1</sup> of protein) or at the end of exponential phase (714 nmol·min<sup>-1</sup>·mg<sup>-1</sup> of protein), the activity of tryptophan transaminase was higher than on the medium without this precursor (90 and 138 nmol·min<sup>-1</sup>·mg<sup>-1</sup> of protein, respectively). It should be noted that when introducing tryptophan at the end of the exponential growth phase, the activity of this enzyme was 1.6 times higher than when introducing in the lag phase which is consistent with the data, regarding the concentration of formed auxins.

Thus, it was shown that the introduction of the IAA precursor in the culture medium of IMV Ac-5017 was accompanied by an increase in tryptophan transaminase activity in several times, which indicates the involvement of tryptophan in the biosynthesis of auxins.

**Tsapko S., Krasinko V.**

#### TRANSGENIC YEASTS AS EFFICIENT PRODUCERS OF RECOMBINANT KILLER TOXINS

*National University of Food Technologies  
68, Volodymyrska St., Kyiv, 01033, Ukraine  
e-mail: sophie.tsapko@gmail.com*

Modern methods of molecular biotechnology make it possible to produce novel recombinant strains of killer yeast capable of synthesizing killer toxins with higher antagonistic and broad-spectrum activity. Genetically modified strains of killer yeasts were obtained by expression of the optimized sequence of *Tetrapisispora phaffii* genes – TpBGL2 in *Komagataella phaffii* (Chessa et al, 2017), expression of a labeled sequence of *Saccharomyces cerevisiae* MS300b genes encoding the synthesis of K28 killer toxin (Giesselmann et al, 2017), increase in toxin-producing activity of *Williopsis saturnus* by rupturing WsEXG1 gene encoding exo-β-1,3-glucanase synthesis (Peng et al, 2010), heterologous expression of *Saccharomyces cerevisiae* M437 genes encoding the synthesis of preprotoxin K2 in *Escherichia coli* (Podoliankaitė et al, 2014).

Cloning of TpBGL2 genes in *K. phaffii* GS115 has been found to synthesize clones capable of producing killer toxins with reduced killer activity. Since the frequency use of codon in native and recombinant strains can influence protein folding and their activity, there were attempts to optimize the sequence of TpBGL2 genes by replacing codons that are rarely found with codons that promote more efficient expression. This genetic manipulation allows producing clones capable of recombinant killer toxin rKpkt synthesis that characteristically exhibit significantly higher killer activity compared to native Kpkt. The biosynthesis of recombinant killer toxin rKpkt is mediated by specific cultivation conditions. *K. phaffii* GS115 is cultured in a medium consisting of glycerol, yeast extract, peptone, yeast nitrogen base, and biotin at 30 °C until the beginning of the exponential growth stage. The overnight culture is then transferred to a fresh medium supplemented with protease inhibitors. Cultivation is carried out with the subsequent addition of 1% methanol every 24 hours and a gradual decrease in temperature from 28 °C to 23 °C until the end of fermentation. The addition of methanol to the cultivation media results in the activation of induction of AOXI-promoter. For killer activity evaluation a supernatant of the culture is 60-fold concentrated by protein precipitation in ice-cold 70% ethanol, sludge soaking at -20 °C,

and subsequent centrifugation of killer toxin extract. As a result, recombinant strains *K. phaffii* 26 and 38 were able to synthesize 23 mg/ml of recombinant killer-toxin rKpkt. The analysis of specific killer activity of recombinant killer toxin revealed that 1 AU of rKpkt inhibited the growth of a wider spectrum of yeast (particularly *Zygosaccharomyces bailii*, *Saccharomyces ludwigii*, *Hanseniaspora uvarum*, *Dekkera bruxellensis*, *Pichia membranifaciens*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Wickerhamomyces anomalus*) compared to native killer toxins of wild killer yeasts (Chessa et al, 2017).

According to reports on killer activity of marine yeast *Williopsis saturnus* WC91-2  $\beta$ -1,3-glucanase does not exhibit antagonistic activity but is able to inhibit the activity of the killer-toxin due to enzyme and the killer-toxin competition for  $\beta$ -1,3-glucan as a primary receptor located on the cell wall of sensitive cultures. Thus, it is proposed to remove *WsEXG1* gene encoding  $\beta$ -1,3-glucanase synthesis in *W. saturnus* cell. As a result, the antagonistic activity of *W. saturnus* WC91-2 can be doubled (Peng et al, 2010, Wang et al, 2012).

Apart from the yeast cells, recombinant killer-toxin can also be expressed in the bacterial cell by gene expression of *Saccharomyces cerevisiae* M437 encoding the synthesis of preprotoxin K2 in *Escherichia coli* DH5 $\alpha$ . Recombinant *E. coli* cells with built-in plasmid p28-kilD were cultivated in lysogenic media supplemented with 50 mg/ml of kanamycin. The maximum toxin-producing ability of transgenic *E. coli* (1 mg of recK2D per 100 mg of humid biomass) was observed during induction of protein expression by the addition of 0.1 mM Isopropyl- $\beta$ -D-thiogalactoside for 2 hours at 30 °C (Podolianskaić et al, 2014).

Summing up, the cultivation of genetically modified killer yeast strains makes it possible to produce recombinant killer toxins with outstanding properties and significantly higher killer activity and broader spectrum of antagonistic activity.

### **Tseduliak V.-M., Ostash B., Ostash I.**

#### THE ANTIBIOTIC RESISTANCE MUTATIONS OF THE *STREPTOMYCES ALBUS* STRAINS AND THEIR BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL

*Ivan Franko National University of Lviv*  
4, Hrushevskiyi St., Lviv, m. 79005, Ukraine  
e-mail: Vasylyna-Marta.Tseduliak@lnu.edu.ua

*Streptomyces* provide us with the majority of clinically significant antibiotics but the spread of resistant bacteria is inevitable. The antibiotic-resistant producer bacteria often show improved yield of bioactive compounds (Wang et al., 2017). Therefore, it is important not only to be aware of the new resistance mechanisms, but also to use it to our advantage.

*Streptomyces albus* J1074 is a widely used heterologous host. There is a collection of the *S. albus* antibiotic-resistant mutants KO1295, KO1304, KO1305, KO1408 (Ostash et al., 2016). The parental strain for the collection was *S. albus* SAM2 – pseudo-*attB* site deficient derivative of J1074. We previously identified the mutations conferring lincomycin and erythromycin resistance to the strains KO1304 and KO1305 based on whole genome sequencing data.

Erythromycin resistance of the strain KO1305 is a result of the single nucleotide substitution (T6139401G) in the intergenic region. This mutation occurred in a putative promoter region of the *XNR\_5431* gene. Homologues of *XNR\_5431* are HEAT repeat domain-containing proteins and there is the lack of information on their functions in bacteria. We cloned these intergenic regions from wild type and the erythromycin-resistant mutant in a reporter vector pGUS with the promoterless  $\beta$ -glucuronidase gene (*gusA*). Further research is needed to establish whether the mutation significantly influences the promoter activity.

We previously identified lincomycin resistance mutation in the TetR family regulatory gene (*XNR\_2147*) that can repress the flanking MFS-family transport protein gene (*XNR\_2146*). The mutated protein putatively is unable to form dimers so it cannot suppress the transporter

expression. The strain VMC with *XNR\_2146* overexpression was derived from the wild type strain SAM2. The minimal inhibitory concentration (MIC) of lincomycin determination has shown that the KO1305 and VMC strains display higher level of resistance than SAM2. This fact verifies the role of the *XNR\_2146* protein in the lincomycin export. The screening of antimicrobial activity of the aforementioned strains was performed using agar diffusion method. None of the strains produced any anti-Gram-negative metabolite since there was no growth inhibition zones on the *Escherichia coli* lawn. However, the growth inhibition zones of the *Debaryomyces hansenii* culture were relatively equal for all of the strains that demonstrates that the strains produced antifungal compounds on the same level. Anti-Gram-positive activity of the strains was the most significant: the largest inhibition zones of the *Bacillus cereus* culture were around the KO1304 and VMC blocks while around the wild-type strain blocks zones were smaller. Furthermore, the initial bioassay of the cell free culture broth active metabolites extracts shows slightly increased inhibition zones on the *D. hansenii* lawn compared to the extracts from the bacterial biomass. This fact indicates that *XNR\_2146* protein might export not only the exogenous but also endogenous antibiotics.

Consequently, the study of the antibiotic resistance of the *S. albus* strains can bring us not only the understanding of resistance mechanisms but also the methods of producer strains improvement.

**Voronenko A., Pirog T.**

PROCESSING OF THE MIXTURE OF ETHANOL AND REFINED SUNFLOWER OIL  
INTO THE MICROBIAL EXOPOLYSACCHARIDE ETHAPOLAN

*National University of Food Technologies  
68, Volodymyrska st., 01601, Kyiv, Ukraine  
e-mail: voronenkoua@gmail.com*

Nowadays, during the development of microbial technologies, considerable attention has been paid to the definition and maintenance of optimal cultivation conditions providing a maximum synthesis of the target product.

Thus, recently, in order to stabilize the pH of the culture fluid at the optimal level (7.0-8.0) for the microbial exopolysaccharide (EPS) ethapolan synthesis (produced by *Acinetobacter* sp. IMB B-7005), a source of mineral nitrogen was replaced ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  by  $\text{KNO}_3$ ) and initial concentrations of substrates in the mixture (ethanol and refined sunflower oil) were reduced with their subsequent fractional addition during the growth of bacteria to the final concentration of ethanol 2 % (v/v) and oil 0.6 % (v/v). Note that under such cultivation conditions, an increase in polysaccharide synthesis rates was observed (EPS concentration was 10 g/l, EPS-synthesizing ability was 2 g EPS/g biomass). At the same time, this concentration of the target product was lower than obtained on other mixed substrates (Voronenko, 2020).

Obviously, for further intensification of the ethapolan production, it is necessary to increase the final concentration of substrates, which was the purpose of this work.

The IMV B-7005 strain was grown in a liquid mineral medium with the addition of yeast autolysate (0.5 %, v/v) and the multivitamin complex “Complevit” (0.00095 %, w/w by pantothenate). Ethanol (4.0 %, v/v) in the mixture with refined sunflower oil (1.2 %, v/v) was used as a carbon source. In one variant, the initial concentration of ethanol and oil in the medium was 0.8-1.3 % and 0.24-0.4 %, respectively. During cultivation these substrates were fractionally applied in portions of 0.8-1.3 % (acetate) and 0.24-0.4 % (oil). Inoculum was grown on ethanol (0.5 %).

Experiments showed that the reduction of the initial substrate concentrations in the mixture to 1/3 of their total content, followed by fractional addition in portions during the process to the final concentration of ethanol 4.0 % and oil 1,2 % was accompanied by increasing the amount

of synthesized ethapolan to 11,4 g/l. Nevertheless, it also resulted in a decrease in the pH of the culture fluid to 5.9 and the EPS-synthesizing ability by 1.3 times.

In previous works (Pidhorsky, 2010), it was demonstrated that the decrease in pH under strain IMV B-7005 cultivation on ethanol is due to the low activity of acetyl-CoA-synthetase. We suggested that this problem can be solved by increasing the concentration of  $Mg^{2+}$  cations (one of the activators of this enzyme) in the culture medium with the further reduction of the initial monosubstrate concentrations in the mixture.

It was found that the addition of  $Mg^{2+}$  cations was accompanied by a slight decrease in the synthesis of EPS. Meanwhile, an additional reduction of the initial concentration to 1/5 of their initial amount, followed by fractional application in equal portions to the final concentration of ethanol 4,0 % and oil 1.2 %, allowed to increase the EPS concentration and EPS-synthesizing ability in 1,2 and 2.3 times, respectively, compared to the addition of three portions of the corresponding substrates.

Thus, as a result of the research, it was shown the possibility of an effective processing mixture of ethanol in the mixture with refined oil into exopolysaccharide ethapolan.

### **Włodarczyk K., Sokolowski W., Kowalczyk B.**

#### STUDYING THE GENETIC DIVERSITY OF *CHAMAECYTISUS ALBUS* ENDOPHYTES

*Maria Curie-Skłodowska University in Lublin*  
*Institute of Biological Sciences, Department of Genetics and Microbiology*  
*19, Akademicka st., Lublin, Poland*  
*e-mail: k.wlodarczyk06@gmail.com*

*Chamaecytisus albus* is a species strictly protected in Poland and in 2016 it was pronounced as “critically endangered” in the “Polish Red List of Fern and Flowering Plants” (Kaźmierczakowa, 2016). The natural habitat of *Chamaecystisus albus* is located near Hrubieszów, in the area covered by the program “Western Volyn Bug Valley” (Natura2000), and this is the only site where this plant can be found in Poland in natural ecosystem (Przemyski, 2009).

*Chamaecytisus albus* belongs to the *Fabaceae* plants which can form symbiotic interactions with the Gram-negative soil bacteria of the *Rhizobiaceae* family. The symbiotic system provides the plant with an additional source of nitrogen, because rhizobial microsymbionts inhabiting plant tissues reduce  $N_2$  and transfer it to the plant host. Microsymbionts of *Chamaecytisus albus* were not studied till now, therefore collection of strains dwelling in root nodules of this plant were isolated, and the aim of the study was to investigate the genetic diversity of bacterial strains isolated from *Chamaecytisus albus* root nodules.

Genomic DNA was isolated from about 95 strains originated from the root nodules of *Chamaecytisus albus*. After that, fragments of housekeeping genes *gyrB* and *recA* were amplified and sequenced. The comparative analysis of obtained sequences and reference sequences available in the GenBank database showed that most of the tested isolates belong to the genus *Bradyrhizobium*, whereas few strains can be classified to other genera like *Rhizobium*, *Phyllobacterium* or *Bosea*.

## ЕКОЛОГІЯ / ECOLOGY

**Борецька І.<sup>1,2</sup>, Шевчик-Костюк Л.<sup>2</sup>, Романюк О.<sup>2</sup>, Джуря Н.<sup>1</sup>**

### ВПЛИВ СОРБЕНТІВ-МЕЛІОРАНТІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ НАФТОЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглекислоти  
ім.Л.М.Литвиненка НАН України  
вул.Наукова,3а, м.Львів, 79022, Україна  
e-mail: ira.boretska2017@gmail.com

**Boretska I., Shevchyk-Kostiuk L., Romaniuk O., Dzhura N.** INFLUENCE OF AMELIORATOR-ABSORBENTS ON THE PHYTOREMEDIATION EFFICIENCY OF OIL-CONTAMINATED SOIL. The influence of natural absorbents – sawdust, sunflower husk, glauconite and zeolite on the phytoremediation potential of *Avena sativa* L. influence of oil pollution of the soil (5 %) was studied. Suppression of the growth of *A. sativa* seedlings under the action of all absorbents in uncontaminated soil and stimulation of root growth in the variant with sawdust and sunflower husk were found. Studies have shown the possibility of using agro-industrial waste, namely sunflower husk, to enhance the process of phytorecultivation of oil-contaminated soils.

Україна є промисловою державою з розвинутою інфраструктурою, що обумовлює ризик постійного забруднення довкілля токсичними речовинами. Нафтові забруднення належать до виду забруднень, які важко розкладаються через їхню складну структуру, високу стійкість до дії факторів довкілля. Ґрунти, забруднені нафтою та нафтопродуктами, мають порушену структуру, що змінює газообмін, водне живлення, склад ґрунтових мікроорганізмів, флори і фауни, внаслідок чого різко знижується їх біопродуктивність. Забруднення нафтопродуктами має токсичний, мутагенний вплив на довкілля, сільськогосподарську сировину та здоров'я людини.

У світовій практиці використовують механічні, термічні, хімічні методи усунення нафтових забруднень, однак часто вони є економічно не вигідними та екологічно несприятливими, бо можуть привносити у довкілля інші шкідливі речовини. Для підвищення ефективності фіторемедіаційних технологій перспективним є використання сорбентів, які здатні не лише вбирати у великих кількостях нафтопродукти, тим самим запобігаючи їх подальшій міграції, але й виконувати роль меліорантів – покращувати властивості ґрунту, розпушувати його, оптимізувати газообмін, виступати джерелом мінеральних елементів, матрицею для росту мікроорганізмів-деструкторів нафти тощо. У ролі сорбентів застосовують переважно пористі матеріали: золу, торф, кокс, силікагелі, алюмогелі, активні глини, а також різні промислові та рослинні відходи, що утворюються безпосередньо в умовах сільськогосподарського виробництва: шроти, тирсу, лушпиння, висівки, солому.

Актуальним і маловивченим залишається питання впливу різних типів сорбентів на ефективність фіторемедіації в умовах нафтозабруднених ґрунтів. Ми досліджували вплив природних сорбентів – тирси, лушпиння соняшника, глауконіту та цеоліту на фіторемедіаційний потенціал вівса посівного (*Avena sativa* L.) за дії нафтового забруднення ґрунту (5 %). Встановлено пригнічення росту пагонів *A. sativa* за впливу усіх сорбентів у незабрудненому ґрунті та стимулювання росту коренів у варіанті з тирсою та лушпинням соняшника. У нафтозабрудненому ґрунті лише у випадку з лушпинням соняшника відбувалось збільшення ростових параметрів *A. sativa*. Так, довжина кореня та висота пагона вівса на 23 і 9,7 % відповідно були більшими, ніж у нафтозабрудненому ґрунті без лушпиння.

Проведені експериментальні дослідження продемонстрували можливість використовувати відходи агропромислового комплексу – лушпиння соняшника – для підвищення процесу фіторекультивациі нафтозабруднених ґрунтів.

**Борецька І.<sup>1</sup>, Тришч Н.<sup>1</sup>, Джура Н.<sup>1</sup>, Романюк О.<sup>2</sup>**

#### МЕТОДИ ЕКОЛОГІЧНОЇ РЕМЕДІАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглекімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України  
вул. Наукова, 3а, м. Львів, 79022, Україна  
e-mail: ira.boretska2017@gmail.com

**Boretska I., Trishch N., Dzhura N., Romanyuk O.** METHODS OF ENVIRONMENTAL REMEDIATION OF CONTAMINATED SOILS. Prospects of modern biological methods of restoration of oil-contaminated soils are analyzed. Methods of phytoremediation of oil-contaminated soils are considered. Emphasis is placed on biological methods - bioremediation and phytoremediation. The complex approach of environmental remediation of oil-contaminated soils is studied.

Розробка методів екологічної ремедіації забруднених ґрунтів пов'язана зі здатністю різних ремедіантів виконувати функцію оптимізації та відновлення природного стану ґрунтової системи, впливаючи на весь комплекс властивостей ґрунту: біологічних, фізичних, фізико-хімічних, на дозування надходження хімічних елементів у ґрунтовий розчин, міграційні процеси у ґрунті.

Для ліквідації нафтового забруднення ґрунтів використовуються фізичні, хімічні та біологічні методи ремедіації. Ми віддаємо перевагу біологічним методам – універсальним і екологічно безпечним, більш ефективним, особливо для очищення ґрунту з хронічним нафтовим забрудненням.

Одним із сучасних методів біологічного очищення нафтозабруднених ґрунтів є *біоремедіація* за участю мікроорганізмів-деструкторів нафти і нафтопродуктів та їхніх рекомбінантних штамів. Методи біоремедіації нафтозабруднених ґрунтів передбачають активізацію існуючої мікрофлори шляхом створення оптимальних умов за рахунок оранки, розпушування, внесення мінеральних добрив, сорбентів або використання мікроорганізмів-нафтодеструкторів, які вносять у забруднений ґрунт у великих кількостях. Біоремедіацією утилізуються нафтові вуглеводні досить успішно. Однак цей метод має ряд недоліків: багатостадійність, високу собівартість, обумовлену додатковими витратами на підготовчі роботи і створення оптимальних умов для біоремедіації.

Серед екологічно привабливих біологічних методів очищення забруднених ґрунтів є *фіторемедіація*, яка продовжує і прискорює природне очищення з використанням рослинного, мікробіологічного і геохімічного потенціалу екосистеми. Проте її успішне проведення є непростим завданням через гідрофобність нафтозабруднених ґрунтів, високу токсичність, порушення водоповітряного балансу та співвідношення основних органогенних елементів Карбону і Нітрогену, що робить неможливим зростання більшості рослин у такому ґрунті. Сучасні фіторемедіаційні технології можуть ґрунтуватися на різних методологічних підходах – це фітостабілізація, фітодеградація, фітовипар, ризодеградація та інші. Економічна ефективність фіторемедіації є вагомим аргументом на користь цієї технології.

Ми вивчаємо комплексний підхід екологічної ремедіації забруднених ґрунтів. Покращення водно-повітряного і мінерального режиму ґрунту можна досягнути оранкою, розпушуванням, внесенням поживних речовин, сорбентів. Механічні методи оброблення

грунту стимулюють мікробіологічну та ферментативну активність, сприяють перерозподілу Карбону, Нітрогену й води. У результаті знижується концентрація вуглеводнів нафти у ґрунті за рахунок випаровування летких фракцій. Як поживні речовини рекомендуємо різні субстрати: мінеральні та органічні добрива, соломі і тирсу, біогумус, сидерати, гній, пташиний послід з додаванням торфу тощо, внесення яких забезпечує до зниження загальної кількості вуглеводнів за рахунок прискорення зростання чисельності мікробних популяцій.

Для успішного проведення фітореMediaції бажано створити умови для поєднання процесів фітореMediaції та мікробного розкладання вуглеводнів нафти, використовувати багаторічні рослини з розвинутою кореневою системою, здатною до вегетативного розмноження, чим забезпечується пролонгація фітомеліоративної дії. Такі умови створює *Hippophaerhamnoides* L., яка успішно адаптується до екстремальних умов нафтозабрудненого ґрунту, покращує його фізико-хімічні властивості, збагачує азотомісними сполуками, що дає змогу підвищити ступінь очищення нафтозабруднених ґрунтів.

**Видалоб О., Скороход І., Мегалінська Г.**

#### АНТИОКСИДАНТНИЙ ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО ПРЕПАРАТУ НАНОКРЕМНІЮ НА ДЕЯКІ СОРТИ ЯЧМЕНЮ

*Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова  
вул. Пирогова, 9, м. Київ, 10130, Україна  
e-mail: anna.megalin@ukr.net*

**Vidalob O., Skorohod I., Megalinska A.** ANTIOXIDANT EFFECT OF NANOSILICON COMPLEX PREPARATION ON SOME VARIETIES OF BARLEY. It has been studied the influence of the complex preparation bentonite-azogran on the growth processes of some varieties of barley under conditions of oxidative stress. There was demonstrated the protective effect by the complex preparation on Virazh barley seedlings.

Ячмінь звичайний культивують по всій території України як фуражну і продовольчу культуру. І хоча ячмінь є неофіційною рослиною, відвар або настій зернівок ячменю використовують як протизапальний засіб під час захворюваннях шлунково-кишкового тракту або дихальних шляхів. Використовується ячмінь і за алергічних та запальних уражень шкіри та діабеті (Ulziijargal, 2019).

Але є літературні дані (Kosova, 2014), що фітострес викликає глибокі зміни в білковій структурі ячменю й у процесах енергетичного обміну (гліколіз, біосинтез АТФ). Наслідки стресу не тільки змінюють фізіологічні показники сировини, але й ведуть до дефіциту росту рослин.

Одним із засобів боротьби з фітострессами є пошук шляхів покращення мінерального живлення рослин і обробка біологічно активними речовинами. Стрес-толерантність рослин підвищують екзометаболіти ризосферних бактерій.

Мікроорганізми утворюють біоплівку на коренях рослин, покращуючи контакт кореневих волосків із ґрунтом. Крім того, епіфітна мікрофлора забезпечує захист рослин від фітопатогенів.

Тому метою даного дослідження було вивчити протекторну дію мікробного препарату Азогран у комплексі з наноплівкою бентоніту на рослини ячменю після оксидативного стресу. Розмір наночасток 30–100 нм.

Дослідження проводили на рослинах ячменю сорту Віраж, створеному в Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла. Суспензію бентоніту на фізіологічному розчині обробляли ультразвуком. Оксидативний стрес викликали обробкою пероксидом водню різних концентрацій. Після обробки пероксидом водню насіння обробляли комплексом нанокремній – Азогран.

Після проростання за розвитком рослин спостерігали в лабораторних умовах (фітотрон). У результаті експерименту показано, що 6 % перекис водню не інгібував схожості насіння, а навпаки, підвищував її. Після обробки насіння ячменю 33 % перексиду водню схожість знижувалась на 31 %. В той же час пост-обробка комплексом нанокремній – бактерії стимулювала як схожість, так і ріст рослин ячменю.

Так на стадії кущіння (24 доби) висота рослин досліджуваного сорту зростала на 20,5 %. Фаза кущіння – важливий етап органогенезу, на якому закладаються і формуються регенеративні органи.

Від стану генеративних органів залежить майбутній урожай. Висота рослин ячменю в фазі вихода в трубку на 45-ту добу під час застосуванні перексиду водню і препарату нанокремнію – Азогран зростала на 16,5% щодо контролю.

Пост-обробка нанокомпозитним бактеріальним препаратом стресованого посівного матеріалу ячменю стимулювала ріст рослин на різних фазах їхнього розвитку, а це, в свою чергу, свідчить про підвищення стійкості рослин до оксидативного стресу.

**Карпінєць Л.<sup>1</sup>, Бешлей С.<sup>2</sup>, Соханьчак Р.<sup>2</sup>, Баранов В.<sup>1</sup>**

#### ОЦІНКА РІВНЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ЛІСОВІ ЕКОСИСТЕМИ УКРАЇНСЬКОГО РОЗТОЧЧЯ

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup> Інститут екології Карпат НАН України

вул. Козельницька, 4, м. Львів, 79026, Україна

e-mail: lyudmyla.vo@gmail.com

**Karpinets L.<sup>1</sup>, Beshley S.<sup>2</sup>, R. Sokhanchak R.<sup>2</sup>, Baranov<sup>1</sup> V.** EVALUATION OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON FOREST ECOSYSTEMS OF THE UKRAINIAN ROZTOCHYA. The level of anthropogenic impact on the research areas within the Ukrainian Roztochya by the areas occupied by trails and trampled areas, changes in the completeness and closedness of the stand was studied. It is established that the completeness of the stand and the closure of the crowns of ancient beech forests are influenced by natural factors (windswept and age of trees). The anthropogenic impact on research sites within the Ukrainian Roztochya is due to trampling and burning.

Унаслідок потужного впливу людської діяльності на середовище існування важливим є дослідження антропогенного впливу не лише в індустріальних та промислових районах, а й на заповідних територіях. У лісових екосистемах Українського Розточчя такий вплив пов'язаний із постійною рекреацією і дослідження цього впливу на рослинні комплекси є актуальною проблемою, якою займаються екологи та природоохоронці уже не одне десятиліття. Метою роботи було дослідити рівень антропогенного впливу на дослідних ділянках за площами, зайнятими стежками, та вибитаних ділянок, зміною повноти і зімкнутості деревостану.

Повноту і зімкнутість деревостану визначали за класичними методиками (Григора, Соломаха, 2000). Стадії дигресії рослинного покриву дослідних ділянок виділяли за Н. В. Фоменком (2007). Коефіцієнт рекреації (Кр) визначали як відношення вибитаної площі до загальної площі ділянки (Генсирук, Нижник, 1987).

У результаті проведених досліджень рівня антропогенного впливу на дослідних ділянках старовікових букових лісів, насадженнях *Pinus sylvestris* L. та рекреаційних ділянках поблизу річки Верещиця на території Яворівського НПП встановлено, що зімкнутість крон дерев у букових старовікових лісах становить 0,7-0,8. Унаслідок природного падіння дерев утворюються вікна із зімкненістю крон 0,6-0,7, проте такі зміни трапляються на 0,01-0,5 % площі дослідної ділянки старовікових лісів. На цій ділянці відсутні процеси

дигресії рослинного покриву,  $K_r$  є меншим за 0,01, що вказує на те, що ця ділянка не зазнає рекреаційного тиску і характеризується численним різновіковим підростом *Fagus sylvatica* L. та *P. sylvestris*. Проективне покриття мохового покриву менше 1,0 %, а розвиток епігейних мохів пов'язаний із вивільненням субстрату від підстилки внаслідок діяльності тварин, вітровалу дерев та ерозійних процесів на схилах ярів. У зоні стаціонарної рекреації площі, зайняті стежками, становлять понад 5 %. Ця ділянка характеризується II стадією дигресії рослинного покриву (коефіцієнт рекреації 0,05-0,1), тут починається витоптування підстилки, з'являються стежинки, які займають поки що невелику площу. Поза стежками трав'яний і моховий покрив мало пошкоджений, ґрунтовий покрив, як правило, не має жодних слідів ушкодження. Зімкнутість крон деревостану 0,6-0,7. У насадженнях сосни звичайної зімкнутість крон становить 0,7-0,8, найзначніший антропогенний вплив на цій ділянці зумовлений випалюванням рослинності, внаслідок якого згорів практично весь 1-3-річний підріст *P. sylvestris*. Для насаджень характерна III стадія дигресії рослинного покриву, притоптані ділянки збільшуються, потужність підстилки зменшується, що призводить до проникнення невибагливих рудеральних видів. Зокрема, у трав'яному ярусі доміантним видом на значній площі стає *Calamagrostis epigeios* L. Roth., у моховому покриві з'являється космополіт *Ceratodon purpureus* (Hedw) Brid.

Отже, на повноту деревостану та зімкнутість крон старовікових букових лісів впливають природні чинники (вітровали та вік дерев), антропогенний вплив на дослідних ділянках у межах Українського Розточчя зумовлений витоптуванням і випалюванням.

#### **Кремпа К., Жуленко В.**

### **ВПЛИВ СПЕКУЛЯЦІЙ ЗМІ НА ГРОМАДСЬКУ ОБІЗНАНІСТЬ СТОСОВНО СПІВІСНУВАННЯ З РЕПТИЛЯМИ**

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

**Krempa K., Zhulenko V. THE INFLUENCE OF MEDIA SPECULATIONS ON PUBLIC AWARENESS ABOUT COEXISTENCE WITH REPTILES.** The media speculates about snake bites, giving deliberately false information that is too emotionally colored to create a negative response among people. Against the background of declining biodiversity, this leads to a negative impact on humans, which in turn leads to a reduction in the population of reptiles, and the territory of Ukraine.

У зв'язку із загальною тенденцією до зменшення біорізноманіття просвітницька діяльність серед населення як спосіб уберегти об'єкти живої природи від згубних некваліфікованих дій громадян стає дедалі актуальнішою. Але конкуренція ЗМІ за увагу громадськості часто провокує поширення шокуючої та неправдивої інформації стосовно певних біологічних об'єктів. Особливо слід звернути увагу на фейкові матеріали щодо рептилій. На території України є 11 видів змій: із них 3 види отруйних та 8 неотруйних.

Ми опрацювали 63 згадки про змій у ЗМІ в контексті про небезпеку, яку ці тварини становлять для людини. Ми виділили такі категорії:

статті з інформацією або фото рептилій немісцевої фауни, які були представлені як види нашої герпетофауни;

факти використання неотруйних видів як отруйних;

згадки про веретільницю колхідську як змію;

дійсно правдиві новини.

Аналіз виявлених згадок показав, що під час подавання інформації журналісти використовували емоційне забарвлення новини: негативні (62,9 %), нейтральні (27,4 %), нейтрально-негативні (6,5 %) і позитивні (3,1 %) емоції.

Аналіз статей показав, що у тексті використовували інформацію: про гадюку звичайну (30,6 %), не вказано вид змії (25,8 %), загалом про змії (17,7 %), вужа звичайного (8,1 %), немісцевий вид (6,6 %), степову гадюку (4,8 %), мідянку (1,6 %). Також виявлено 2 випадки, коли веретільницю кохлідську вказували як змію, та 1 випадок спекуляції стосовно отруйних змії, де вони згадувалися лише у назві статті.

Було проаналізовано публікації з міркуваннями спеціалістів (лікарі, біологи, працівники МНС) і без таких та встановлено, що правдивих новин із залученням спеціалістів було 14 (39 %), без спеціалістів – 3 публікації (11 %), неправдивих публікацій без спеціалістів – 24 (89 %), а неправдивих публікацій із залученням спеціалістів – 22 (61 %).

Таким чином, з даного дослідження можна зробити такі висновки:

Журналісти повинні звертатися до спеціалістів;

інформацію варто подавати без емоційних відтінків;

ЗМІ мають створити для себе достовірну базу фото і відео плазунів, перевірену герпетологами.

**Кузіна А., Мегалінська Г., Страшко С., Білик Ж.**

#### МОРФОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕРИТРОЦИТІВ ПОСТКОВІДНОЇ КРОВІ ЛЮДИНИ

*Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова  
вул. Пирогова, 9, м. Київ, 01601, Україна  
e-mail: vladislava.s-v@mail.ru*

**Kuzina A., Megalinska G., Strashko S., Bilyk Z.** MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ERYTHROCYTES OF HUMAN POSTCOVID BLOOD. The morphology of human capillary blood erythrocytes in the postcoviptic period was studied. It was found that within two weeks after quarantine, echinocytes are found in the blood of people who have relapsed into covid. The question of the cytopathic effect of the virus SARS-CoV-2 is discussed.

Питання патогенезу та діагностики COVID-19 є пріоритетними як у медицині, так і в біології. Китайські лікарі висунули гіпотезу щодо впливу SARS-CoV-2 на бета-ланцюг гемоглобіну та утворення комплексу з порфірином (Тарловська, 2020). При цьому відбувається витіснення заліза з молекул гемоглобіну, що погіршує транспорт кисню.

Згідно з даними Лью та Лі [Liu, Li, 2020], SARS-CoV-2 діє на еритроцити через неструктуровані білки, які не є частиною вірусного капсиду, але кодується вірусною РНК і забезпечують прикріплення вірусу до клітини еритроцитів. За інформацією цих вчених, поверхневий глікопротеїн S, який є частиною структурного білка, також бере участь в приєднанні вірусу до еритроцитів. Таким чином, можна очікувати зміну морфологічних характеристик еритроцитів.

Метою представленого дослідження було вивчити морфологію еритроцитів капілярної крові постковідних респондентів протягом 2-х перших тижнів після закінчення карантину. Було досліджено кров 34-х респондентів.

У мазках капілярної крові у 28-ми (82 %) з 34-х досліджуваних об'єктів були виявлені ехіноцити (зубчасті еритроцити). Синонімічна назва яких – «шишкоподібні», або «ягодоподібні» клітини, які мають на поверхні гострі або тупі зубці схожих розмірів, рівномірно розташовані на поверхні клітини. За даними (Стацевич, 2012), ехіноцити утворюються за збільшення рН, зменшенні запасів АТФ або за збільшення концентрації внутрішньоклітинного кальцію на фоні гіпофосфатемії.

Також є дані щодо появи ехіноцитів за дефіциту піруваткінази та фосфогліцераткінази.

Отримані нами зміни морфології еритроцитів можна пояснити феноменом накопичення іонів заліза, внаслідок роз'єднання комплексу порфірин-залізо.

Внутрішньоклітинне накопичення заліза може стати причиною зміни рН або зміни ізотончності. Гіпофосфатемія може викликати і виснаження АТФ. А якщо має місце порушення на молекулярному рівні, буде компенсаторно збільшуватися кількість мітохондрій, що теж може відбитися на формі еритроцитів.

Згідно з літературними даними (Арутюнов, 2020) вірус SARS-CoV-2 може впливати на червоний кістковий мозок, не тільки пошкоджуючи еритроцити крові, але й заважає формуванню нових клітин. Передчасний розпад еритроцитів – це первинна реакція на вірус SARS-CoV-2, яка поступово стає каскадною. І хоча науково обґрунтованої теорії впливу коронавірусів на еритроцити поки що немає, наявність ехиноцитів можна розглядати як постковідний цитопатичний ефект.

Таким чином, зміни морфології еритроцитів можна розглядати як постковідний цитопатичний вірусний ефект.

**Лесів М., Антоняк Г.**

### ВМІСТ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ ВОДЯНИХ РОСЛИН НА ТЕРИТОРІЇ НАФТОВИДОБУВНИХ РАЙОНІВ

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Сакаганського, 1, м. Львів, 79000, Україна  
e-mail: mlesivmarta@gmail.com*

**Lesiv M., Antonyak H. CHLOROPHYLL CONTENT IN THE LEAVES OF AQUATIC PLANTS IN OIL-PRODUCING AREAS.** The aim of the study was to analyze the content of chlorophyll and its fractions *a* and *b* in the leaves of aquatic plants (*Typha latifolia*, *Phragmites australis*, *Scirpus sylvaticus* and *Juncus conglomeratus*) collected on the territory of Skhidnytsia and Saryi Sambir oil fields in the Lviv region. A decrease in the concentration of chlorophyll in the leaves of *T. latifolia*, *S. sylvaticus*, and *J. conglomeratus* was revealed, which indicates the suppression of photosynthesis in plants growing in water bodies in oil-producing areas. However, no significant changes in the concentration of chlorophyll in the leaves of *P. australis* were found, which indicates the resistance of *P. australis* plants to environmental pollution.

Нафта – одна із найважливіших корисних копалин, яка є сировиною для виробництва палива, мастил, синтетичних матеріалів тощо. Однак процеси видобування і переробки нафти зумовлюють забруднення природного середовища, що негативно впливає на біоту в наземних і водних екосистемах. Шкідливий вплив нафти і нафтопродуктів на розвиток вищих водяних рослин (макрофітів) відмічають за концентрації 0,001–10 мг/дм<sup>3</sup>.

Метою роботи було проаналізувати вміст хлорофілу та його фракцій *a* і *b* у клітинах листків водяних рослин (рогоз широколистий *Typha latifolia*, очерет звичайний *Phragmites australis*, комиш лісовий *Scirpus sylvaticus*, ситник купчастий *Juncus conglomeratus*), зібраних на території Східницького та Старосамбірського нафтових родовищ у Львівській області.

Макрофіти збирали у прибережних ділянках водойм, розташованих поблизу нафтовидобувних свердловин. Як контроль використовували рослини, що ростуть в озерах на території м. Львова. Підготовку зразків до аналізу здійснювали відповідно до стандартних методів. Фотосинтетичні пігменти екстрагували з використанням 96 % етанолу, концентрацію хлорофілу *a* і *b* та їхній загальний вміст визначали спектрофотометрично й обчислювали за допомогою загальноприйнятої методики. Отримані дані опрацьовували з використанням методів варіаційної статистики.

Результати досліджень свідчать про зменшення загального вмісту хлорофілу в листках рослин *S. sylvaticus*, зібраних у водоймах на території Східницького та Старосамбірського родовищ, відповідно, в 1,35 ( $p < 0,05$ ) і 1,87 рази ( $p < 0,01$ ) порівняно з контролем. У листках *S. sylvaticus* зі Старосамбірського родовища виявлено зменшення

вмісту хлорофілу *a* в 1,81 разу і хлорофілу *b* в 1,91 разу ( $p < 0,05$ ). Водночас встановлено значне зменшення вмісту обох фракцій хлорофілу в листках *J. conglomeratus*, зібраних на території Старосамбірського родовища, а в листках рослин *T. latifolia* зі Східницького родовища – зменшення вмісту хлорофілу *a* порівняно з контролем. У листках *P. australis* з водойм на території нафтових родовищ істотних змін у концентрації хлорофілу порівняно з контролем, не встановлено. Це свідчить про стійкість рослин *P. australis* до техногенного впливу за умов росту у водоймах, розміщених поблизу нафтовидобувних ділянок.

Отримані результати щодо зменшення загальної концентрації хлорофілу та вмісту його фракцій у листках *T. latifolia*, *S. sylvaticus* і *J. conglomeratus* вказують на пригнічення процесу фотосинтезу в рослинах, які ростуть у водоймах на території Східницького та Старосамбірського нафтових родовищ. Імовірно, такий ефект зумовлюється погіршенням екологічного стану навколишнього середовища під впливом нафтовидобувної діяльності. Водночас відсутність вірогідних змін у концентрації хлорофілу в листках рослин *P. australis* свідчить про високий адаптаційний потенціал рослин цього виду та їхню стійкість до забруднення компонентів довкілля в районах видобування нафти.

### **Медведєва І., Козловський М.**

#### **ОСНОВНІ ВІДМІННОСТІ ТА СПІЛЬНІ РИСИ ФОРМУВАННЯ ФІТОНЕМАТОДНИХ КОМПЛЕКСІВ У ПІДСТИЛЦІ ПЕРВИННОЇ І ВТОРИННИХ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ**

*Інститут екології Карпат НАН України  
вул. Козельницька, 4, Львів, 79026, Україна  
e-mail: ecoinst@mail.lviv.ua*

**Miedvedieva I., Kozlovsky M.** MAIN DIFFERENCES AND COMMON FEATURES OF FORMATION OF PHYTONEMATODE COMPLEXES OF LITTER IN PRIMARY AND SECONDARY FOREST ECOSYSTEMS. Our research on nematode groups in primary ecosystems has become a reference standard for comparing changes in the formation of nematode complexes in secondary ecosystems. In the mixed beech forest, the population density of nematodes in litter makes up 56-68%. In the monodominant spruce forest, it is only 35-44%. This indicates more intensive decomposition processes of organic matter in the primary ecosystem as compared to the secondary ones.

Проведені нами дослідження первинних нематодних комплексів корінних екосистем на прикладі ялиново-ялицевої бучини у НПП Сколівські Бескиди дали змогу використати ці результати як еталонні для порівняння структури та виявлення змін у формуванні нематодних комплексів у похідних екосистемах (монодомінантні ялинники).

У корінній мішаній бучині заселеність нематодами підстилки під кронами ялини становить 56-68 % (від нематодного угруповання підстилки та ґрунту). У підстилці насаджень ялини – лише 35-44 %. Більша чисельність фітонематод у підстилці під короною ялини у мішаному буковому лісі вказує на більш інтенсивні процеси деструкції органічної речовини, порівняно з монодомінантними ялинниками.

За результатами досліджень, проведених у 2014 р. спостерігався наступний розподіл трофічних груп нематод на пробних площах: частка рослиноїдних видів від усього нематодного угруповання у підстилці корінного лісу становила приблизно 2 %, тоді як у вторинних ялинниках – 25-28 %. Основна роль у розкладі органіки належить бактероїдним нематодам, їх частка у підстилці мішаного лісу становить 17-26 %, тоді як у ялинниках лише 4-8 %. У монодомінантних ялинниках більш поширені грибоїдні нематоди, частка яких у підстилці становить 22-24 %, тоді, як у корінному лісі їхня частка у формуванні угруповання не перевищує 6 %. Бактероїдна група є основним видом живлення хижих нематод, частка яких у цій екосистемі є значно більшою (7-22 %), ніж у ялинниках (2-9 %). Найчисленнішою групою в усіх горизонтах підстилки є всеїдні види, частка яких у буковому лісі становить 54-84 %, а в ялинниках – 34-50 %.

Формування угруповань нематод підстилки в корінній та в похідних екосистемах характеризуються як відмінностями, так і деякими спільними ознаками. До спільних закономірностей формування нематодних комплексів належать: збільшення заселеності підстилки у нижніх горизонтах, порівняно з верхніми, а також переважання в усіх горизонтах трофічної групи всеїдних нематод. Проте є і відмінні риси, а саме: у формуванні нематодного угруповання корінного лісу більшу роль має трофічна група бактероїдних видів і у декілька разів більша частка хижих видів, ніж у ялинниках, де переважають рослиноїдні та грибоїдні трофічні групи. Також до відмінних рис належить те, що в корінній екосистемі заселеність підстилки є значно вищою ніж у монодомінантних ялинниках. У ялинниках сформувалися нематодні угруповання зі збідненим видовим складом з переважанням у них частки рослиноїдних нематод, порівняно з хижими та бактероїдними формами, що свідчить про деградацію цих екосистем (Козловський, 2009).

**Михед С., Мегалінська Г., Страшко С.**

### ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПОКАЗНИК БІОЛОГІЧНОГО ВІКУ СТУДЕНТІВ М. КИЄВА

*Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова  
вул. Пирогова, 9. м. Київ, 10130, Україна  
e-mail: anna.megalin@ukr.net*

**Mihed D., Megalinska A., Strashko S.** INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE INDICATOR OF BIOLOGICAL AGE OF STUDENTS OF KYIV. A comparative analysis of indicators of life index and biological age of students who study in educational institutions of Kyiv, which are located in different ecological zones, was made. It is shown that the number of respondents with premature aging is proportional to the degree of air pollution by formaldehyde, sulfur dioxide and carbon dioxide.

Проблема зміцнення здоров'я дітей і молоді є однією з актуальних проблем сьогодення. Пріоритетність проблеми здоров'я учнівської та студентської молоді пов'язана з різким погіршенням стану фізичного і психічного розвитку останніх. У зв'язку з цим дані про поширеність і взаємозв'язок факторів ризику захворювань залежно від показників біологічного віку можуть бути використані як критерії диференційованого підходу до формування груп з високим рівнем ризику розвитку дихальної або серцево-судинної патології, застосовуватися для індивідуалізації валеодіагностики.

Мета представленої дослідження – порівняти показники життєвої ємності легень, максимального споживання кисню та біологічного віку у студентів НПУ імені М.П. Драгоманова і студентів НУБіП, які навчаються та мешкають в умовах із різним ступенем забрудненості повітря.

Життєву ємність легень визначали за допомогою спірометра, ймовірну тривалість життя методом анкетування, а біологічний вік – за методикою Г.Л. Апанасенка (Апанасенко, 2017).

Група студентів НПУ імені М.П. Драгоманова навчалася в зоні площі Перемоги, а студенти Національного університету біоресурсів і природокористування – в зоні Голосіївського парку. За даними Центральної геофізичної лабораторії, забрудненість площі Перемоги за показником концентрації формальдегіду в 4 рази вища, ніж забрудненість у межах Голосіївського парку. Діоксиду сірки у 5 разів більше в повітрі над проспектом Перемоги, а діоксиду вуглецю – у 7 разів більше, ніж у Голосіїві.

Передчасне старіння, що свідчить про загрозу стану здоров'я, спостерігалось у 57 % студентів, які навчалися в найбільш забрудненому регіоні м. Києва. У студентів НУБіП ця цифра дорівнювала 22 %. Можна констатувати, що забрудненість повітря збільшує біологічний вік на 35 %. Серед осіб із показником передчасного старіння опинилися всі

респонденти, які вживають тютюнові вироби. Аналіз кореляції між біологічним віком та кислотністю слини свідчить, що у 86 % осіб, які характеризувалися передчасним старінням, рН слини мала кислий характер.

Порівняння життєвого індексу досліджуваних респондентів свідчить, що він найвищий у студентів НУБіП (51,7 мл/кг) і найнижчий у студентів НПУ імені М.П. Драгоманова (47,1 мл/кг).

Проведений експеримент показує, що між ступенем забруднення повітря та біологічним віком є прямо пропорційна залежність: чим більше забруднення, тим більше біологічний вік.

У студентів НПУ імені М.П. Драгоманова відповідність між біологічним і паспортним віком була характерна для 24 % респондентів, а у студентів НУБіП ця цифра дорівнювала 56 %, тобто була на 32 % вища.

**Мицак О., Капрусь І.**

### ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВИСОКОІНВАЗИВНИХ ВИДІВ РИБ У ФОРМУВАННІ СТРУКТУРИ ІХТІОЦЕНОЗІВ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

*вул. Грушевського, 4, Львів 79000, Україна*

*e-mail: oleg.mytsak@ukr.net*

**Mytsak O., Kaprus I.** ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF HIGHLY INVASIVE SPECIES IN FORMATION OF ICHTHYOCENOSIS STRUCTURE OF WESTERN POLISSYA. The importance of highly invasive species in ichthyocenosis structure of Western Polissya was shown in the literature. In total, 30 species were registered, among them *Ameiurus nebulosus*, *Percottus glenii*, *Carassius gibelio*. *Ameiurus nebulosus* is the most widespread in the studied region. Invasive species are harmful to our natural resources whereas they disrupt water ecosystems and environmental processes.

На території Шацького національного природного парку розміщені унікальні лісові, водно-болотні, лучні й озерні природні комплекси. За зоогеографічним районуванням континентальних водойм Євразії озера Шацької групи належать до Балтійської зоогеографічної провінції Північноєвропейської надпровінції (Старобогатов, Толстикова, 1986). Поверхневі води Волинського Полісся представлені великою кількістю озер та недостатньо розвиненою річковою системою, яка сформувалася на межі Західного Бугу (басейн Балтійського моря) та Прип'яті (басейн Чорного моря). Ці річки та озера сполучені між собою системою меліоративних каналів, які забезпечують безперешкодне пересування риб-вселенців уздовж т. зв. центрального коридору інвазій.

У водоймах Шацького Поозер'я зареєстровано 30 видів риб із десяти родин, серед яких високоінвазивними вважаються карликовий сомик коричневий – *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819), головешка ротань – *Percottus glenii* (Dybowski, 1877) та карась сріблястий – *Carassius gibelio* (Bloch, 1782).

Розселення інвазивних видів риб у ряді випадків супроводжується стрімким зростанням їхньої чисельності, перебудовою синекологічної структури іхтіоценозів і розглядається як новий етап у формуванні їхнього розмаїття. З літератури відомо, що швидкому розселенню чужорідних видів риб останнім часом сприяє господарська діяльність людини (Динамика..., 2012; Vanderploeg et al., 2002; Биологические..., 2004).

Вселення чужорідних видів часто призводить до посилення конкурентних відносин за кормові ресурси й територію, до погіршення якості води, спрощення структури рибного населення, а також до збільшення вразливості окремих популяцій щодо впливу екологічних факторів. За тривалого перебування виду-вселенця у реципієнтній гідроекосистемі відбувається ускладнення й урізноманітнення його біоценотичних зв'язків. Зокрема, з

літературних даних відомо, що на території Західного Полісся після початку інтродукції карликовий сомик за дуже короткий час став домінуючим видом. У невеликих озерах впродовж останнього часу масова частка його вилову зростає до 70 % (Макушок, 1951). Також відомо про стрімке збільшення чисельності карася сріблястого. Цьому видові властивий специфічний тип розмноження, який дає змогу розширити його ареал на зайняту ним водойму. Інший вселенець – ротань головешка – суттєво змінює трофічні взаємозв'язки у гідроекосистемах, будучи хижаком і конкурентом щодо аборигенних представників іхтіофауни. Дорослі головешки можуть нападати на карасів, навіть якщо останні більших розмірів, а також поїдати ікру місцевих видів риб.

Таким чином, проблема стрімкого збільшення чисельності популяцій інвазивних видів риб є загрозою для водойм Західного Полісся. Важливим кроком для розроблення заходів із регулювання чисельності *Ameiurus nebulosus*, *Perccottus glenii* та *Carassius gibelio* є проведення моніторингових досліджень і меліоративного вилову інвазивних видів риб у водоймах даного регіону.

### Ніколенко Ю.

#### ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ЗАПОРІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ТА ГІДРОБІОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, 49000, Україна  
e-mail: jul.nikolenko@gmail.com

**Nikolenko Yu. ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE CONDITION OF THE ZAPORIZHZHYA RESERVOIR BY HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL INDICATORS.** The paper provides an ecological assessment of the water quality of the Zaporizhzhya reservoir by hydrochemical and hydrobiological indicators. It is established that the ecological condition of the Zaporizhzhya reservoir in the summer can be described as “satisfactory” (III class, 4-5 quality category), with the deterioration of water quality from June to August. The reason for this is an abnormal increase in water temperature and significant human pressure on reservoir.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод необхідна для комплексної характеристики стану навколишнього природного середовища, для планування і здійснення водоохоронних заходів та оцінки їхньої ефективності, вона дає інформацію про воду як складову гідроекосистем, життєве середовище для гідробіонтів і важливу складову природного середовища (Василенко, 2016; Гопчак, 2011).

Мета роботи – надати оцінку екологічного стану Запорізького водосховища за гідрохімічними та гідробіологічними показниками.

Дослідження проводили протягом літнього періоду 2019 р. на 5 ділянках по акваторії Запорізького водосховища, які відрізняються гідрологічними та гідрохімічними умовами: Самарська затока, Фестивальний причал, о. Монастирський, гирло р. Мокра Сура та нижня ділянка водосховища (у районі с. Військове). У воді Запорізького водосховища відповідно до загальноприйнятих гідрохімічних методик (Альокін, 1973, Романенко, 2006) визначали: температуру, рН, вміст розчиненого кисню, аміаку, сульфатів та хлоридів, біогенні елементи, кількість розчиненої органічної речовини за показниками перманганатної окиснюваності. Паралельно проводили відбір проб фітопланктону із поверхневого горизонту (0,25 м) у пластикові ємності. Фіксацію, концентрацію і камеральне опрацювання проводили відповідно до загальноприйнятих гідробіологічних методів. Екологічну оцінку якості поверхневих вод здійснювали згідно з В. Д. Романенко, 2006.

За екологічною класифікацією якості поверхневих вод, відповідно до досліджуваних гідрохімічних показників вода Запорізького водосховища загалом належить до III класу, 4 категорії якості води – «задовільна». Протягом досліджуваного періоду найгірші показники

зафіксовано у Самарській затоці та гирлі ріки Мокра Сура, що відповідає III класу, 5 категорії якості води – «задовільна, посередня». Порівняно вищою якістю – II клас, 3 категорія якості – «хороша», характеризувалася вода нижчої ділянки водосховища, у районі с. Військове. Згідно з екологічною оцінкою, найгірші показники на всіх досліджуваних ділянках зафіксовані за вмістом розчиненого кисню (IV клас, 6 категорія якості), а в Самарській затоці та гирлі ріки Мокра Сура – ще й за вмістом біогенних елементів та показниками перманганатної окиснюваності (IV–V класи, 6–7 категорії якості).

Відповідно до екологічної класифікації якості поверхневих вод за показником біомаси фітопланктону, вода у водосховищі на всіх досліджуваних ділянках належала до IV класу, 6 категорії якості, що характеризується як «політрофна».

Загалом, на основі гідрохімічних і гідробіологічних показників екологічний стан акваторії Запорізького водосховища у літній період можна охарактеризувати як «задовільний», з погіршенням якості води від червня до серпня місяця, що пов'язано насамперед з аномально високими температурами води та посиленою антропогенною діяльністю.

**Пилипів Ю., Княк В.**

**НОВІ ЗНАХІДКИ *NEOTTIA NIDUS-AVIS* (L.)  
У ВИННИКІВСЬКОМУ ЛІСОПАРКУ (ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСТЬ)**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів, 79005, Україна  
e-mail: yra.pilipsv@gmail.com*

**Pylypiv Y., Kyyak V.** NEW FINDS OF *NEOTTIA NIDUS-AVIS* (L.) IN VYNNYKY FOREST PARK (LVIV REGION). During our research in 2020 (May-September), we have found two small populations of rare Orchidaceae family species in Vynnyky forest park. These populations are new finds because there is no any information about them in three herbariums of Lviv or Ukrainian literature sources. By purpose to update scientific data of structures and nowadays condition of rare Orchidaceae family species populations, in these theses were published research's results such like localities, number, relief, soils types, areas, threats, seasonal rhythms of development – both individuals and the populations as well. In addition were added data about spatial, age and vital structures of foregoing populations.

Види родини зозулинцевих в Україні належать до рідкісних (Червона книга, 2009). Відомості про більшість їхніх популяцій на території Львівщини датуються кінцем XX ст. Тому з'ясування їхнього сучасного поширення і стану популяцій за умов прискореної антропогенної трансформації середовища є актуальним. Передусім це стосується територій, які наближені до населених пунктів і зазнають інтенсивного впливу рекреації.

У 2020 р. на території Винниківського лісопарку виявлено нові локалітети гніздівки звичайної.

Одна популяція розташована у центральній частині лісопарку в буково-грабово-сосновому лісі на схилі (12°) північно-східної експозиції (координати локалітету - N 49°48'36.00" E 24°05'53.77"). Чисельність становить 20 особин. Площа – 150 м<sup>2</sup>. Рельєф локалітету – плавно-горбистий. На території представлені сірі лісові опідзолені ґрунти. Просторове розташування особин по площі – групове, нерівномірне. Станом на момент дослідження (друга половина липня) переважна більшість особин перебувала у фенологічній фазі піку плодоношення. У популяції представлені особини прегенеративних (4) і генеративних (16) вікових станів, в основному середньої та високої життєвості. Серед загроз існуванню популяції – рекреаційне навантаження, передусім витоптування.

Друга популяція розташована у західній частині лісопарку в грабово-сосновому лісі, близько до міської забудови (координати – N 49°48'32.11" E 24°04'57.56"). Популяція

складається із 10 особин, які розташовані на площі 100 м<sup>2</sup>. Локалітет розташування популяції характеризується вирівняним рельєфом. Ґрунт сірий лісовий опідзолений. Особини розташовані на площі оселища групами. Фенологічна фаза більшості особин на час виявлення у стадії завершення плодоношення. Віковий склад популяції представлений генеративними особинами середньої та високої життєвості усіх вікових груп (g<sub>1</sub>, g<sub>2</sub>, g<sub>3</sub>). Потенційними причинами зникнення популяції можуть бути рекреаційна діяльність, у тому числі витогування пагонів.

З огляду на малі площу і чисельність виявлених популяцій, загрозу їхньому існуванню становлять також різноманітні стохастичні зміни середовища оселищ внаслідок природних чи антропогенних впливів.

Зважаючи на невелику чисельність зазначених популяцій, їхнє збереження потребує вживання комплексних природоохоронних заходів, які включають у себе як загальний контроль за збереженням видів Червоної книги, так і практичні заходи на місцях (дії, спрямовані на зниження й ліквідацію негативного антропогенного впливу, заходи з відтворення біорізноманіття тощо).

### **Подан І., Джура Н.**

#### **ВПЛИВ НАФТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТА ГУМАТІВ НА ВМІСТ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТАХ І РОСЛИНАХ *MISCANTHUS GIGANTEUS***

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: iryna.podan@lnu.edu.ua*

**Podan I., Dzhura N. EFFECT OF OIL POLLUTION AND HUMATES ON THE CONTENT OF MICROELEMENTS IN SOILS AND PLANTS OF MISCANTHUS GIGANTEUS.** The influence of oil pollution and humates on the content of microelements (Mn, Fe, Zn) in soils and plants of *Miscanthus giganteus* has been studied. The positive effect of the combination «*Miscanthus + oil + humifield*» on the studied indicators in soil and plants was revealed. However, in the combination of «*Miscanthus + oil + fulvital*» a positive effect on plant growth and development was observed only in the first year of drug use.

Для нормальної життєдіяльності рослинам необхідний цілий комплекс елементів мінерального живлення, які поглинаються кореневою системою з ґрунту. Збалансованість хімічного складу живих організмів – основна умова їхнього нормального росту і розвитку. За нестачі одних і надлишку інших елементів можливі різні комбінації, які впливають на продуктивність і стійкість рослин. Забезпечення рослин мікроелементами залежить від їхньої концентрації у середовищі та впливу факторів довкілля. Мікроелементи потрібні для нормального росту і розвитку рослин, оскільки вони беруть участь у таких важливих процесах, як фотосинтез (Mn, Fe, Cu), дихання (Mn, Fe, Cu, Zn, Co), вуглеводний, ліпідний та білковий обміни, утворення органічних кислот і ферментів (Mn, V, Cu, Ni, Mo, Zn), процеси зв'язування вільного азоту (Mo, B, Mn, Fe), перетворення сполук нітрогену і фосфору (B, Zn, Cu, Mn, Mo), розвиток бульбочкових бактерій (Cu, Mo, B), є каталізаторами різних реакцій (Fe, Mn, Mo, Cu, Zn). Відомо, що Al, B, Cu, Co, Mo, Zn виконують специфічні функції у захисних механізмах морозостійких і посухостійких видів рослин. Актуальними на сьогодні є дослідження вмісту хімічних елементів, які визначають адаптацію рослин до умов нафтозабруднених екотопів. Тому метою роботи було дослідити вплив нафтового забруднення і гуматів на вміст мікроелементів (Mn, Fe, Zn) у ґрунтах і рослинах *Miscanthus giganteus*.

Досліди закладали у польових умовах поблизу Старосамбірського нафтового родовища Львівської області (березень 2018 р. - квітень 2020 р.). Ділянки глинистого ґрунту розміром 1 м<sup>2</sup> забруднювали сировою нафтою у кількості 10 л/м<sup>2</sup>. Контролем був

глинистий ґрунт без нафти. Перед висаджуванням ризоми міскантусу замочували в розчинах препаратів гуміфілд форте і фульвітал плюс (0,2 г на 1 л води). У фазі вегетації двічі проводили обприскування надземної частини рослин цими препаратами. Для аналізу відбирали надземну частину (листки і стебла) *M. giganteus* і проби ґрунту з ризосфери рослин. Вміст мікроелементів у пробах визначали на рентгенофлуоресцентному аналізаторі (Лабораторія перспективних технологій та фізико-хімічного аналізу нових речовин і функціональних матеріалів Львівської політехніки).

Отримані результати показали, що вміст марганцю у листках міскантусу удвічі більший, ніж у стеблах. Це закономірно, оскільки листки більш функціонально активні аніж стебла. Вміст мікроелементів у ґрунті за росту міскантусу і дії нафтового забруднення збільшився у варіанті 2 «*Міскантус + нафта+фульвітал (1 рік)*»: Mn (на 33 %), Fe (на 26 %), Zn (на 41 %), у варіанті 3 «*Міскантус+нафта+гуміфілд (1 рік)*»: Mn (на 17 %), Fe (на 17 %), Zn (на 25 %), у варіанті 5 «*Міскантус+нафта+гуміфілд (3 рік)*»: Mn (на 17 %), Fe (на 18 %), Zn (на 30 %). Проте у варіанті 4 «*Міскантус+нафта+фульвітал (3 рік)*» вміст Mn зменшився на 17 %, Fe - на 6 %, а Zn - на 21%.

Отже, обприскування фульвіталом (варіанти 2, 4) дає позитивний результат лише в перший рік застосування, тоді як обприскування гуміфілдом (варіанти 3, 5) позитивно впливає на вміст мікроелементів у ґрунті та рослинах як на першому, так і на третьому році досліджень. У попередніх дослідженнях було виявлено позитивний вплив гуміфілду у комбінації «*Міскантус+нафта+гуміфілд*» на загальну життєздатність міскантусу: рослини активно нагромаджували біомасу, розвивали потужну кореневу систему, у листках збільшувався вміст фотосинтетичних пігментів. Такі результати корелюють з отриманими - збільшення вмісту мікроелементів (марганцю і цинку) у листках міскантусу та ґрунті, що може позитивно впливати на формування стійкості рослин до умов нафтового забруднення.

#### **Походжук В., Цвілинюк О.**

#### **ВМІСТ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ *ZEA MAYS L.* ЗА ДІЇ ПРЕПАРАТУ «OAZIS M1» І ПОЖИВНИХ РЕШТОК ГРЕЧКИ ТА ПШЕНИЦІ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів, 79005, Україна  
e-mail: weronika2000@outlook.com*

**Pozhodzhuk V.D., Tsvilynyuk O.M.** THE CONTENT OF PIGMENTS IN LEAVES OF *ZEA MAYS L.* UNDER THE INFLUENCE OF THE PREPARATION OASIS AND BUCKWHEAT AND WHEAT STRAW. Under the action of mulch from the remnants of buckwheat crops and the studied drug increased the content of pigments, which indicates a positive effect.

Вміст пігментів фотосинтезу в листках рослин є генетично зумовленим показником, проте він залежить також від дії екзогенних факторів у межах норми варіабельності показників для конкретного виду і сорту. Кількість хлорофілу безпосередньо впливає на інтенсивність фотосинтезу та ряд інших фізіологічних процесів і проявляється через метричні показники рослин. Екзогенним чинником стимуляції фотосинтетичних процесів у рослин може бути покращення їхнього мінерального живлення. Перспективним методом підвищення родючості ґрунту з одночасним покращенням його фізичних властивостей є ЕМ-технологія – технологія оздоровлення навколишнього середовища за допомогою ефективних мікроорганізмів.

Вивчали вплив препарату «Oasis M1» на процес розкладу поживних решток. Для цього у горщики з пісковим ґрунтом вносили окремо поживні рештки пшениці та гречки, додавали розведений згідно з інструкцією препарат «Oasis M1». Через шість місяців після внесення препарату у досліджувані субстрати посіяли насіння кукурудзи *Zea mays L.*

сорту Успіх. Контролем слугував чистий пісковий ґрунт. Паралельними контролями були піскові ґрунти з поживними рештками пшениці та гречки без додавання досліджуваного препарату. Оцінювали ефективність препарату за ростовими показниками рослин кукурудзи та вмістом зелених пігментів у їхніх листках. Визначення вмісту хлорофілів здійснювали спектрофотометричним методом.

Висота надземної частини досліджуваних рослин, що росли на ґрунтах замульчованих поживними рештками і пшениці, і гречки без додавання мікробіологічного препарату, від контрольних рослин, що росли лише на пісковому ґрунті, достовірно не відрізнялися. У рослин кукурудзи, що росли за дії мульчі із поживних решток пшениці і препарату «Oazis M1», цей показник був теж на рівні контролю. А за дії мульчі із поживних решток гречки та досліджуваного препарату висота надземної частини рослин *Z. mays* L. перевищувала контроль на 11 %. Проте габітус рослин за дії обох типів поживних решток у комплексі з мікробіологічним препаратом був значно кращим порівняно з рештою варіантів.

Найвищий вміст хлорофілів *a* і *b* у листках кукурудзи спостерігали за комплексної дії поживних решток пшениці та досліджуваного препарату – 140 % і 118 % відносно контролю відповідно. Під впливом лише поживних решток пшениці вміст зелених пігментів був нижчим від контрольних показників. А за комплексної дії поживних решток гречки і досліджуваного препарату вміст хлорофілів *a* становив 117 %, а вміст хлорофілу *b* був на рівні контролю. Такі ж результати були за дії поживних решток без додавання препарату.

Отримані дані свідчать про доцільність застосування препарату «Oazis M1» для посівів кукурудзи на піскових ґрунтах, замульчованих поживними рештками гречки і пшениці.

**Поліщук О., Антоняк Г.**

#### КОНЦЕНТРАЦІЯ ХЛОРОФІЛУ В ДЕЯКИХ ВИДАХ РОСЛИН, ЗІБРАНИХ У РАЙОНІ СТАРОСАМБІРСЬКОГО НАФТОВОГО РОДОВИЩА

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Сакаганського, 1, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: alex1994pol@gmail.com

**Polishchuk O., Antonyak H.** CHLOROPHYLL CONTENT IN SOME PLANT SPECIES COLLECTED IN THE AREA OF STAROSAMBIRSKY OIL FIELD. The process of oil production is accompanied by the release of hydrocarbons and other harmful substances into the environment, including atmospheric air and soil. The aim of the study was to analyze the effect of oil production on the content of photosynthetic pigments in various plant species (*Taraxacum officinale*, *Urtica dioica*, *Plantago major*, *Equisetum arvense* and *Pylaisia polyantha*) growing near oil production wells on the territory of the Starosambirsky oil field in the Lviv region. In the course of the study, a decrease in chlorophyll concentration was observed in most of the analyzed plant species (except for *P. major*) collected in the oil production zone. Thus, the results of the study indicate the suppression of photosynthesis in plants growing in the area of oil production.

Видобування природних вуглеводнів забезпечує енергетичні й виробничі потреби суспільства. Проте нафтовидобувна діяльність створює ризик забруднення компонентів довкілля нафтою та іншими небезпечними речовинами, які шкідливо впливають на здоров'я людей і біоту у природних екосистемах. Метою роботи було дослідити вплив нафтовидобувної діяльності на концентрацію пігментів фотосинтезу в рослинах різних видів, зібраних у районі Старосамбірського нафтового родовища на території Львівської області.

Для досліджень відбирали зразки дикорослих рослин *Taraxacum officinale*, *Urtica dioica*, *Plantago major*, *Equisetum arvense* і *Pylaisia polyantha*. на ділянках, розташованих

на віддалі 10 і 100 м від нафтових видобувних свердловин. Мох *P. polyantha* збирали на ділянках, розташованих на віддалі 100 м від свердловин. Як контроль використовували рослини зазначених видів, зібрані у парковій зоні м. Львова. Концентрацію пігментів фотосинтезу визначали в листових пластинках рослин *U. dioica*, *T. officinale* і *P. major*, бічних гілочках вегетативних пагонів *E. arvense* і гаметофітах *P. polyantha*. Пігменти фотосинтезу екстрагували з використанням 96 % етанолу; концентрацію фракцій хлорофілу *a* і *b* визначали спектрофотометрично. Дослідження здійснювали у 3–5-кратній повторності. Отримані результати опрацьовували методами варіаційної статистики.

Результати досліджень свідчать про видові відмінності та зміни в концентрації хлорофілу у клітинах рослин, зібраних на території Старосамбірського нафтового родовища, порівняно з контрольною ділянкою. Зокрема, загальна концентрація хлорофілу в листках *T. officinale* і *U. dioica*, зібраних на віддалі 10 м від нафтових свердловин, значно менша від показника у рослинах із контрольної ділянки, а у рослинах, зібраних на відстані 100 м від свердловин, концентрація хлорофілу вірогідно не відрізняється від контролю. У літніх пагонах *E. arvense*, зібраних із ділянок на відстані 100 м від нафтових свердловин, концентрація хлорофілу виявилася значно меншою порівняно з контролем. Такий самий ефект встановлений і в гаметофітах моху *P. polyantha*. Натомість, у листках рослин *P. major*, зібраних на різній віддалі від нафтових свердловин на території Старосамбірського родовища, вірогідних різниць у концентрації, порівняно з контролем, не виявлено. Такий ефект вказує на стійкість рослин *P. major* до забруднення, зумовленого нафтовидобувною діяльністю.

Загалом, зменшення концентрації хлорофілу в клітинах більшості проаналізованих у цьому дослідженні рослин (крім *P. major*) може вказувати на пригнічення процесу фотосинтезу в рослинах, які ростуть на ділянках, прилеглих до нафтових свердловин. Отримані результати вказують на погіршення екологічного стану ґрунту й атмосферного повітря внаслідок нафтовидобувної діяльності на території Старосамбірського нафтового родовища.

**Прытула С., Мамчур З., Драч Ю.**

#### ПОШИРЕННЯ СФАГНОВИХ МОХІВ У ЗОВНІШНІХ (СКИБОВИХ) ГОРГАНАХ (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів, 79000, Україна  
e-mail: sergii.prytula08@gmail.com

**Prytula S., Mamchur Z., Drach Yu.** DISTRIBUTION SPHAGNUM MOSSES OF OUTER GORGANY (UKRAINIAN CARPATHIANS). The territory of the Outer Gorgany (Ukrainian Carpathians) is the least studied in terms of species composition, distribution and ecological peculiarities of sphagnum mosses. According to our own research, herbarium materials (LWS and KW), literature sources, a preliminary list of 23 species of *Sphagnum* for Outer Gorgan has been compiled. The most common species in this area are *Sphagnum capillifolium*, *S. quinquefarium* and *S. girgensohnii*.

Горгани розташовані в Івано-Франківській в частково в Закарпатській областях. Зі сходу на захід Горгани поділяють на Крайові низькогірні, Зовнішні (Скибові) і Привододільні (Внутрішні) Горгани. Зовнішні Горгани – група середньогірних ландшафтів, які займають найвищу частину масиву. Абсолютна висота гір тут сягає 1600–1800 м н. р. м. (Круглов, 2008). Зовнішні Горгани становлять особливий інтерес, оскільки є унікальним масивом із великою кількістю кам'яних розсіпів (горгани, греготи, цекоти) та майже повною відсутністю типових для інших гірських масивів Українських Карпат полонин. Це одна з найбільш заліснених і найменш заселених територій в Українських Карпатах, тому дуже важливими є дослідження біоти, у тому числі сфагнових мохів.

Загалом, бріобіота Зовнішніх Горган вивчена слабо, є окремі дані про сфагнові види у працях „Флора печіночних і сфагнових мохів України“ (Зеров, 1964) та „Мохоподібні Українських Карпат“ (Зеров, Партика, 1975). У гірському масиві Зовнішніх (Скибових) Горган найбільш дослідженою щодо фіторізноманіття є територія Природного заповідника “Горгани” (Клімук Ю.В. та ін., 2006). Зокрема, за даними С. Нипорко у монографії подано 11 видів роду *Sphagnum* із детальним місцезнаходженням на території заповідника.

Упродовж 2019–2020 років були проведені дослідження на території Зовнішніх Горган (гори Хом’як, Мала та Велика Сивуля, Лопушна, Боровка, Ігровець, Велика), де зібрано понад 100 гербарних зразків сфагнових мохів та ідентифіковано 10 видів: *Sphagnum girgensohnii* Russow, *S. russowii* Warnst., *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *S. quinquefarium* (Braithw.) Warnst., *S. squarrosum* Crome., *S. flexuosum* Dozy et Molck., *S. angustifolium* (C. Jensen ex. Russow) C. Jensen., *S. fallax* (Klinggr.) Klinggr. (var. *recurvum*), *S. cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm., *S. centrale* C. Jensen.

Знайдені види ростуть у затінених умовах (переважно є гемісціофітами, або субгеліофітами), вимогливі до вологості (гігрофіти або гідрогігрофіти) і обирають кислі субстрати (ацидофіли чи субацидофіли).

Найпоширенішими видами на цій території за нашими даними є *S. capillifolium* (29 зразків), *S. quinquefarium* (25 зразків) та *S. girgensohnii* (15 зразків), трапляються в таких оселищах: болота і заболочені території, осипи (характерний екоотоп для усього гірського масиву Горгани), хвойні ліси, а також вторинні дрібнолистяні ліси.

За даними власних досліджень, матеріалів гербаріїв (Львівського природознавчого музею НАН України (LWS.) Національного гербарію України (KW)), літературних джерел складено попередній список сфагнів Зовнішніх Горган із 23 видів. Серед них офіційно рідкісними є *S. subnitens* (Червона книга України, 2009) і *S. tenellum* (Червона книга України, 2009), регіонально рідкісним є *S. riparium* (Бойко, 2010).

Продовження досліджень сфагнових мохів є важливим з огляду не лише на вивчення бріорізноманіття і виявлення раритетних видів з пропозиціями щодо охорони, а і для встановлення змін у фітоценозах під впливом кліматичних змін і антропогенного пресу.

**<sup>1</sup>Семенюк Т., <sup>2</sup>Лупак О., <sup>1</sup>Поліщук О., <sup>1</sup>Антоняк Г.**

#### МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН РОМАШКИ ЛІКАРСЬКОЇ (*MATRICARIA CHAMOMILLA* L.) ЗА УМОВ РОСТУ В РІЗНИХ РАЙОНАХ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка  
вул. І. Франка, 24, м. Дрогобич, 82100, Україна  
e-mail: [semenyuk.tanya98@gmail.com](mailto:semenyuk.tanya98@gmail.com)

**Semenyuk T., Lupak O., Polishchuk A., Antonyak H.** MORPHOMETRIC PARAMETERS OF CHAMOMILE PLANTS (*MATRICARIA CHAMOMILLA* L.) UNDER GROWING CONDITIONS IN DIFFERENT AREAS OF THE LVIV REGION. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) is an important medicinal plant widely used in medicine and in the pharmaceutical and cosmetic industries. The aim of the study was to analyze the quality of medicinal raw materials and morphometric parameters of *M. chamomilla* plants cultivated in Zhovkva and Drohobych districts, and wild chamomile collected in Zolochiv district of Lviv region. The results obtained indicate that cultivated form of *M. chamomilla* is characterized by higher productivity, and its medicinal raw material is of better quality compared to the wild chamomile. Soil conditions on the territory of Zhovkva district are more favorable for growing *M. chamomilla* plants than in Drohobych district of Lviv region.

Ромашка лікарська (*Matricaria chamomilla* L.) — важлива лікарська рослина, яка має широке застосування і медицині й у фармацевтичній і косметичній галузях. Ромашку

лікарську культивують на території України, проте з метою заготівлі збирають і дикорослі рослини *M. chamomilla*. Метою роботи було проаналізувати якість лікарської сировини і морфометричні показники рослин *M. chamomilla*, культивованих на території Жовківського і Дрогобицького районів Львівської області, та дикорослих рослин *M. chamomilla*.

Під час досліджень було вибрано три ділянки збору рослинного матеріалу: Д1 (дослідна ділянка Навчально-науково-дослідного центру Львівського національного аграрного університету, м. Дубляни), Д2 (навчально-дослідна ділянка Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, м. Дрогобич) і Д3 (околиці с. Червоне Золочівського району). Площа кожної з ділянок становила 10 м<sup>2</sup>. Відбір рослинного матеріалу, визначення морфометричних показників (висота рослини, кількість і діаметр суцвіть) і аналіз ґрунту здійснювали загальноприйнятими методами. Результати досліджень опрацьовували із застосуванням методів варіаційної статистики.

У дослідженнях встановлено, що ділянки зборурослин *M. chamomilla* характеризуються відмінностями у ґрунтово-кліматичних умовах. Зокрема, ґрунт на ділянках Д1 і Д3 — темно-сірий опідзолений, а на ділянці Д2 — дерново-середньопідзолистий поверхнево оглешений. З'ясовано, що ґрунт на ділянці Д1 має більший вміст гумусу, рухомих форм фосфору, обмінних форм калію і кальцію, порівняно з ґрунтом на ділянці Д2. Відповідно, культивовані рослини *M. chamomilla*, зібрані з ділянки Д1, відзначаються більшими значеннями морфометричних показників ніж рослини, зібрані з ділянки Д2. Під час аналізу дикорослих рослин ромашки з ділянки Д3 не виявлено відмінностей у висоті пагона порівняно з рослинами, зібраними з ділянки Д1, але середнє значення цього показника вище ніж у рослин, культивованих на ділянці Д2. Кількість суцвіть у дикорослих рослин більша, проте їхній діаметр у 1,6—1,8 рази менший ( $p < 0,05$ ) ніж у культивованих рослин *M. chamomilla*. Водночас суцвіття культивованої форми *M. chamomilla* містять більшу концентрацію ефірної олії, яка визначає лікувальні властивості рослини, ніж дикоросла форма ромашки.

Отримані результати свідчать, що культивовані рослини *M. chamomilla* характеризуються більшою продуктивністю, а отримана з них лікарська сировина має кращу якість порівняно з дикорослою формою ромашки лікарської. Разом з тим, ґрунтові умови на території Жовківського району сприятливіші для вирощування рослин *M. chamomilla*, ніж на території Дрогобицького району Львівської області.

**Телішевська Н., Драч Ю., Мамчур З.**

**МОХОПОДІБНІ У ПАРКАХ ЛЬВОВА  
В УМОВАХ РІЗНОГО РЕКРЕАЦІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів, 79000, Україна  
e-mail: natalatelsevska@gmail.com*

**Telisevska N., Drach Yu, Mamchur Z.** MOSSES IN THE PARKS OF LVIV UNDER CONDITIONS OF DIFFERENT RECREATIONAL PRESSURE. The complete list of bryophytes from Lviv parks («Znesinya», «Pohulyanka», «Ivan Franko Park», «Sknylivsky Park») based on the results of our research and literary sources consists of 145 species in two divisions (Marchantiophyta, Bryophyta). The species composition of bryophyte in ecotopes with intensive recreational load consists of 17 species. *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb. found on a tree in «Sknylivsky Park» is reported for the first time for the Lviv region.

В урбоекосистемах мохоподібні займають свої екологічні ніші, які насамперед відрізняються за різними екологічними чинниками середовища і за самою роллю бріофітів. Роль мохоподібних в умовах великого міста вивчена недостатньо. Актуальним є дослідження мохоподібних на територіях зелених насаджень із різним рівнем

рекреаційного навантаження, зокрема, парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення імені Івана Франка і парку Скнилівський, а також аналіз бріофлори з лісопарку «Погулянка», регіонально-ландшафтного парку «Знесіння».

У результаті власних досліджень і на основі літературних джерел для окремих парків Львова складено список зі 145 видів бріофітів, які належать до відділів Marchantiophyta та Bryophyta.

Видовий склад бріофітів парків в екотопах з інтенсивним рекреаційним навантаженням складає 17 видів, які належать до 9 родин та 12 родів відділу Bryophyta. У всіх парках знайдені види *Marchantia polymorpha*, *Amblystegium serpens*, *Barbula unguiculata*, *Brachythecium velutinum*, *Brachythecium salebrosum*, *Ceratodon purpureus*, *Hygroamblystegium varium*, *Hypnum cupressiforme*, *Leskea polycarpa*, *Orthotrichum pumilum*, *Platygyrium repens*, *Pohlia nutans*, *Ptychostomum moravicum*, *Pylaisia polyantha*, *Schistidium apocarpum*, *Syntrichia ruralis*.

На оголених ґрунтах у місцях, які не вибиті, переважають такі види: *Fissidens taxifolius*, *Atrichum undulatum*, *Bryum caespiticium*, *Pohlia nutans*, *Plagiomnium undulatum*, *Rhizomnium punctatum*. Попри стежки і на згарищах трапляються *Funaria hygrometrica*, *Bryum argenteum*. Види кам'янистих субстратів, у тому числі антропогенного походження: *Marchantia polymorpha*, *Barbula unguiculata*, *Bryum argenteum*, *Encalypta streptocarpa*, *Bryoerythrophyllum recurvirostrum*, *Didymodon rigidulus*, *Tortula muralis*, *T. subulata*, *Grimmia pulvinata*, види роду *Orthotrichum*. За сприятливих умов, насамперед, вологості та нанесеного ґрунту, на кам'янистому субстраті можуть траплятися *Hyphum cupressiforme*, *Pylaisia polyantha*, *Brachythecium salebrosum*, *Plagiomnium cuspidatum*. На гнилій деревині, яка в міських умовах трапляється нечасто, зокрема на пеньках, поселяються: *Dicranum montanum*, *Orthotrichum affine*, *O. pumilum*, *Leskea polycarpa*, *Pseudoleskeella nervosa*, *Amblystegium serpens*, *Hyphum cupressiforme*, *Pylaisia polyantha*.

Епіфітні мохоподібні в умовах парків Львова знайдені на різноманітних видах дерев: *Fraxinum excelsior*, видах роду *Acer*, *Populus nigra*, *Tilia cordata*, *Quercus robur*, *Q. rubra*, *Robinia pseudoacacia*. Найпоширенішими є *Amblystegium serpens*, *Pylaisia polyantha*, *Platygyrium repens*, *Orthotrichum pumilum*, *Ptychostomum moravicum*, *Brachythecium velutinum*.

Обстежуючи Скнилівський лісопарк, на корі дерев вперше виявили новий для області вид *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb. – невисокий (до 20 мм) акрокарпний мох у блискучих, зелених чи жовто-зелених пучках або дернинах, які в сухому стані сильно кучеряві. Росте на стовбурах дерев, гнилій деревині на початковій стадії розкладу. Вид трапляється також у містах Європи і Північної Америки.

**Тимущ У., Кіт І., Брода А., Думич О., Данилик Р.**

**ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРНОЇ ЕКОСИСТЕМИ В ПАРКУ «ЗНЕСІННЯ» (М. ЛЬВІВ)**

<sup>1,2,3,4</sup> Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

e-mail: aks\_dum@ukr.net, uluana.tymush@gmail.com

<sup>53</sup> Національний лісотехнічний університет України

вул. Кобилянської, 3, м. Львів, 79005, Україна

e-mail: druslana@ukr.net

**Tymush U., Kit I., Broda A., Dumych O., Danylyk R. ZOOPLANKTON OF THE LAKE IN “ZNESINNYA” PARK.** The state of the park lake was researched by bioindication method using zooplankton development. The research of two lake biotopes with different level of contamination showed that zooplankton community gives adequate response to water pollution.

Озера належать до важливих елементів природних ландшафтів урбоєкосистем. Вони беруть участь у регуляції водного стоку, сприятливо впливають на мікроклімат прибережних

територій, у них створюється специфічне середовище для життя гідробіонтів, які беруть найактивнішу участь у функціонуванні та еволюційному розвитку водних екосистем, у тому числі й у процесах самоочищення води, що особливо актуально за умов забруднення водного середовища (Якушко, Лопух, 2011). Саме тому дослідження біотичної складової лентичних екосистем як індикатора їхнього стану, є важливим етапом моніторингу водного середовища.

Дослідження весняного зоопланктону в озері парку «Знесіння» (м. Львів) здійснювали у квітні-травні 2019 року згідно із загальноприйнятими у гідроекології методиками на двох ділянках озера: у біотопі з піщаним дном та на забрудненій ділянці, де зосередилося побутове сміття.

Зоопланктон у досліджуваній період налічував 14 видів планктонних організмів: 4 види належали до класу *Rotatoria* (29 % від загального числа видів), 6 видів (42 %) – до ракоподібних підряду *Cladocera*, 4 види (29 %) – до ракоподібних ряду *Copepoda*. Встановлено, що на забрудненій ділянці озера трапляється більше представників нижчих раків – веслоногих і гіллястовусих, для яких зарості макрофітів – звичке середовище існування, тоді як на ділянці з піщаним дном – більше коловерток. Індекс подібності (за Сьоренсенем) таксономічного складу зоопланктону досліджуваних біотопів становив 35 %, що є низьким значенням з огляду на те, що порівнювалися угруповання зоопланктону однієї водойми. Можливо, це є свідченням того, що екологічні умови у водоймі істотно відрізняються і окремі види прив'язані до локальних умов досліджених гідробіотопів. Домінантом виступав гіллястовусий рачок *Simocephalus vetulus* O.F. Müller, популяція якого на забрудненій ділянці виявилася набагато численнішою і складалася з особин, які мали більші розміри, ніж розміри тих самих представників виду, але на ділянці з піщаним дном без рослинності.

Кількісні показники динаміки досліджених таксоценів показують, що загальна чисельність зоопланктону у весняний період в озері «Знесіння» становила 2200-11750 екз./м<sup>3</sup> (ділянка з піщаним дном) і 7115,2-16492 екз./м<sup>3</sup> (забруднена ділянка). Майже втричі більші середні показники на другій ділянці озера свідчать, що для зоопланктону наявність їжі (зокрема розчиненої органічної речовини) є одним із визначальних чинників для їхнього функціонування. Чисельність зоопланктону, згідно з нормативами оцінки якості поверхневих вод, характеризувалась як низька і відповідала 2 категорії якості води, яка за трофністю класифікувалась як мезотрофна. Загальна біомаса зоопланктону озера «Знесіння» на ділянці з піщаним дном становила 29,1-44,6 мг/м<sup>3</sup>, забрудненої ділянки – 50,1-51,8 мг/м<sup>3</sup>. За показниками біомаси розвиток зоопланктону був дуже низьким на всіх ділянках досліджуваної водної екосистеми.

Згідно з встановленими значеннями індексу Пантле-Бука, показники сапробності водойми перебували у межах мезосапробної зони; ділянка з піщаним дном характеризувалась як досить чиста, мезоевтрофна, β<sup>3</sup>-мезосапробна (II клас якості води); забруднена ділянка була малозабрудненою, евтрофною, β<sup>3</sup>'-мезосапробною (III клас якості води).

**Химин О., Капрусь І.**

### ВПЛИВ ІНВАЗІЙНОГО СОСНЯКА НА КОРИННИЙ ТАКСОЦЕН КОЛЕМБОЛ ГРАБОВОЇ БУЧИНИ ВИННИКІВСЬКОГО ЛІСУ В ОКОЛИЦЯХ М. ЛЬВОВА

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Сакаганського, 1, м. Львів, 79000, Україна  
e-mail: olha.khymyn@lnu.edu.ua*

**Khymyn O., Kaprus' I.** INFLUENCE OF INVASIVE PINE ON THE ABORIGINAL ASSEMBLAGE OF COLLEMBOLA HORNER PUMPKIN OF VINNYKIVSKY FOREST IN

THE VICINITY OF LVIV. The comparative analysis of the structure of Collembola assemblage in the root phytocenosis of beech and invasive of black pine in the territory of Vynnykivsky Forest Park was carried out. The taxonomic and ecological structures of the Collembola beech population under the influence of the invasion of black pine, which is a highly invasive plant species in the study area, are described.

Ключовим фактором трансформації природних екосистем визнано біологічні інвазії. Вони є однією з причин, які негативно впливають на біотичне розмаїття. Недостатнє вивчення механізмів і наслідків процесів інтродукції та біоінвазій загрожують неспроможністю запобігти цій проблемі у майбутньому, що може призвести до порушення регуляторних процесів у екосистемах.

Реакції живих організмів, популяцій видів і їхніх таксоценів на впливи різних екологічних чинників розглядають як індикатори стану екосистем. Тому для оцінки впливу заміни корінного едифікатора деревостану на інвазійний обрано таксоцен ґрунтових колембол, який є надзвичайно інформативним об'єктом для зооіндикації. Колемболи – клас ґрунтових членистоногих тварин, які характеризуються великим таксономічним і екологічним розмаїттям і є важливим чинником ґрунотвірних процесів (Капрусь, 2015)

Дослідження зміни основних параметрів екологічної структури колембол корінної грабової бучини (*Carpineto-Fagetum caricosum (pilosae)*) під впливом інвазії сосни чорної (*Pinus nigra*) проводили на території Винниківського лісового парку.

Проаналізовано дані, зібрані у весняний і осінній періоди 2020 року стандартними ґрунтово-зоологічними методами досліджень (Гиляров, 1975). В результаті проведеної роботи виявлено 58 видів колембол, які належать до 13 родин і 34 родів.

У дослідженому фітоценозі грабової бучини виявлено 43 види у 2 серіях із 20 ґрунтових проб, зі середньою щільністю 19,4 тис.ос./м<sup>2</sup>. У фітоценозі сосни чорної виявлено 46 видів, проте, на відміну від корінної грабової бучини, щільність тут нижча і становить 16,8 тис.екз./м<sup>2</sup>.

Видове багатство окремих родин та родів колембол у досліджених лісових фітоценозах практично схоже: домінує родина Entomobryidae, яка включає 10-11 видів, та родини Isotomidae і Onychiuridae – в середньому по 6 видів. Індекси розмаїття Шеннона та Сімпсона для таксоценів колембол грабової бучини та сосняка мають приблизно однакове значення, що обумовлено показником загального видового багатства та сумарної чисельності ( $H' = 2,5$  для грабової бучини і  $2,7$  – для сосняка;  $1-D = 0,9$  – для обох біотопів). Показники вирівняності населення цієї групи педобіонтів у досліджених фітоценозах є малими (0,3 – 0,7 одиниць), що відображає внутрішньоценотичну контрастність екологічних умов едафотопу. Індекс Бергера-Паркера вказує на низький рівень домінування найчисленнішого виду (0,2 для обох фітоценозів).

Серед біотопних груп видів за показником відносного видового багатства переважають евритопні, лісові та лісо-лучні форми (евритопних у грабовій бучині – 37,8 %, у сосняку – 52 %, лісових – 40,8 % і 25,8 % відповідно і лісо-лучних 13,6 % та 15,9 % відповідно).

Результати проведених досліджень впливу інвазії сосни чорної на колемболи грабової бучини демонструють незначні та некатастрофічні зміни синекологічної структури таксоцену цієї групи педобіонтів, що може бути пов'язано з особливостями ґрунтового середовища, яке пом'якшує вплив зовнішніх екологічних факторів на ґрунтову біоту і з недостатнім часовим періодом для зміни едафічних умов корінної грабової бучини під впливом заміни едифікатора деревостану.

**Цурпанова М., Мегалінська Г., Даниленко Є.**

**ФІТОСТИМУЛЮЮЧА Й АНТИБАКТЕРІАЛЬНА ДІЯ НАНОКРЕМНІЮ  
НА ДЕЯКІ ГОЛОНАСІННІ РОСЛИНИ**

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова  
вул. Пирогова, 9, м. Київ, 01601, Україна  
e-mail: anna.megalin@ukr.net

**Tsurpanova A., Megalinska G., Danilenko E.** PHYTOSTIMULATIVE ACTIVITY AND ANTIBACTERIAL EFFECT OF NANOSILICON ON SOME SPECIES OF HOLON-SEED PLANTS. In this research, we studied the effect of different concentrations of nanosilicon on seed germination energy of gymnosperms such as: *Picea abies L.*, *Pinus nigra subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe* and *Ginkgo biloba L.* There we have been experimentally proven that the concentration of nanosilicon 0.035-0.07 % has a phytostimulating effect, also it inhibits on the development of phytopathogenic bacteria: *Agrobacterium tumefaciens* and *Pseudomonas fluorescens*.

Актуальною проблемою лісівництва є відновлення лісового покриву, деградацію якого викликають антропогенні чинники різного походження.

Для більш ефективного відновлення лісостану потрібно впроваджувати нові технології підготовки садивного матеріалу. Перспективним препаратом тут може бути нанокремній. У літературі відсутні дані щодо ефективності впливу нанокремнію на весь спектр видів голонасінних рослин. Роль голонасінних як у парковому садівництві, так і в медичній ботаніці неодноразово підкреслювалась (Григорюк, 2015).

Метою представлено дослідження було вивчити різні концентрації нанокремнію на енергію проростання й абсолютну схожість насіння сосни кримської, ялини європейської та гінкго дволопатевого. Для визначення енергії проростання фіксували результати проростання насіння досліджуваних рослин на 5, 7 та 10-ту добу, а абсолютну схожість визначали на 15-ту добу. Антибактеріальну активність визначали методом паперових дисків щодо таких тестових мікроорганізмів *Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas fluorescens* і *Bacillus subtilis*.

Агробактерії викликають у 38 видів голонасінних бородатість коренів (кореневий рак) (Лазарев, 2020), а *Pseudomonas fluorescens* може бути збудником вилту, як у голонасінних, так і у покритонасінних рослин. У літературі обговорюється (Арбузова, 2014) також біологічний метод боротьби з бактерозами рослин, як зараження рослин антагоністичними мікроорганізмами, зокрема *Bacillus subtilis*.

Аналіз результатів проведеного експерименту дозволяє зробити висновок: оптимальною концентрацією розчину нанокремнію для стимуляції енергії проростання у насіння сосни кримської та ялини європейської є концентрація 0,07 %, а для гінкго дволопатевого – 0,14 %.

Абсолютна схожість насіння сосни кримської на 15-ту добу під дією концентрації 0,07 % нанокремнію підвищується на 2 %, ялини європейської на 28,8 %, а гінкго дволопатевого – на 59 %.

Нанокремній виявляє антибактеріальну активність щодо *Agrobacterium tumefaciens*, так і *Pseudomonas fluorescens*. У той же час препарат нанокремнію не діє як антибактеріальний чинник на сінну паличку – *Bacillus subtilis*.

Даний метод передпосівної обробки насіння нанокремнієм можна використовувати для вирощування високоякісного садивного матеріалу сосни кримської, ялини звичайної та гінкго дволопатевого в лісових і садово-паркових господарствах. Доведено, що нанокремній виявляє антибактеріальну і фітостимулювальну активність на насіння голонасінних. Результати досліджень, доводять, що використання нанокремнію виступає перспективним методом у підготовці садивного матеріалу.

**Штык О.**

**МИШОПОДІБНІ ГРИЗУНИ РОДУ *SYLVAEMUS*  
У ПРИРІЧКОВИХ БІОТОПАХ НПП «ДНІСТРОВСЬКИЙ КАНЬЙОН»**

вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

e-mail: olya1235@ukr.net

**Shtyk O.** MUROID RODENTS OF THE GENUS *SYLVAEMUS* IN RIVERSIDE HABITATS IN THE «DNISTER CANYON» NATIONAL NATURE PARK. The investigation of micromammals fauna in 2019-2020 in three different areas was done. On the territory of the «Dnister Canyon» National Nature Park there were discovered two species from the genus *Sylvaemus*, including wood mouse (*Sylvaemus sylvaticus*) – 4 specimens (19 % of captured *Sylvaemus* specimens and 4 % of all captured rodents) and yellow-necked mouse (*Sylvaemus tauricus*) – 17 specimens (81 % and 16 % respectively).

Мишоподібні гризуни (Muridae) — одна з найчисленніших груп ссавців, у складі якої є представники родин мишині (Muridae), хом’якові (Cricetidae), норицеві (Arvicolidae) та сліпакові (*Splacidae*). Дрібні ссавці роду *Sylvaemus* входять до родини *Muridae*. На території України поширені 4 види гризунів цього роду. Згідно з літературними даними та власними дослідженнями, на території НПП «Дністровський каньйон» трапляється 2 види сильвемусів: мишак лісовий (*Sylvaemus sylvaticus*) та мишак жовтогрудий (*S. tauricus*). Метою роботи було дослідити екобіотичні особливості мишоподібних гризунів роду *Sylvaemus* у прирічкових біотопах НПП «Дністровський каньйон». Вивчення видового складу гризунів проводили упродовж 2019–2020 рр. у прирічкових біотопах річки Дністер поблизу села Іване-Золоте (НПП «Дністровський каньйон»). Для обліку мікротеріофауни застосовували методику відловів пастко-лініями, використовуючи живоловки фабричного зразка, які виставляли в лінію по 10-20 штук у межах однорідного біотопу та перевіряли один раз на добу. Під час літніх обліків мікромамалій було опрацьовано 600 пастко-діб.

Поширення представників роду *Sylvaemus* вивчали у типових прирічкових екосистемах. Для дослідження мікротеріофауни заклали 3 пробні ділянки, виділені на різній відстані від берегової лінії річки Дністер. За класифікацією EUNIS дослідження проводили у біотопах: C3.53 Euro-Siberian annual river mudcommunities / Євро-Сибірські угруповання низьких земноводних однорічників на мулистих берегах, та F3.241 Central European subcontinental thickets / Центральноевропейські субконтинентальні чагарникові зарості. Також була закладена пробна ділянка на межі цих біотопів, яку вважаємо екотон.

Загалом, у ході дослідження фауни мишоподібних гризунів упродовж 2019-2020 рр. відловили 106 особин 4 видів, серед яких 21 ос. представників роду *Sylvaemus*, що становить приблизно 20 % від усіх впійманих тварин. Кількісне співвідношення обох видів сильвемусів на дослідженій території є таким: мишак лісовий (*S. sylvaticus*) – 4 особини (19 % від загальної кількості мишаків та 4 % від усіх відловлених гризунів) та мишак жовтогрудий (*S. tauricus*) – 17 особин (81 % та 16 % відповідно). Розподіл мишаків роду *Sylvaemus* по біотопах є нерівномірним. На ділянці, яка лежить найближче до Дністра (C3.53), чисельність обох видів сильвемусів є значно нижчою, ніж у чагарникових заростях (F3.241), оскільки цей тип місцевості більш характерний для мишаків порівняно з відкритими біотопами. Загалом, відповідно до отриманих результатів мишак жовтогрудий є більш численним видом у прирічкових біотопах Дністра, аніж мишак лісовий. Це, найімовірніше, пов’язано з ширшою екологічною нішею, притаманною цьому виду.

**Jarosiewicz A.**

**LONG-TERM TRENDS IN WATER QUALITY VARIATIONS IN THE ŚLUPIA RIVER**

*Institute of Biology and Earth Science, Pomeranian University in Słupsk*

*22b, Arciszewskiego st., 76-200, Słupsk, Poland*

*e-mail: anna.jarosiewicz@apsl.edu.pl*

The good ecological status of water has been the main objective of the long-term water management strategy in Poland. Recognizing close interdependencies existing in the river basin –

river – coastal waters – the sea is the key for sustainable and integrated management of surface, ground, and coastal waters.

Water quality in Poland, as well as in other Central and Eastern European countries, has been significantly impacted by political, and consequently economic changes occurring since the late 1980s. The most important changes took place in the agricultural production sector and in the municipal sector, including, in particular, wastewater management. Moreover, the increase in financial outlays for fixed assets serving environmental protection influenced the changes in water quality.

This paper analyzes the long-term changes in nutrient concentrations in the Słupia River in response to economic changes that took place between 1988 and 2018. The Słupia River is one the largest Polish coastal rivers. The total length of the river is 138.6 km. The river's basin (1623 km<sup>2</sup>) is covered by arable land (about 50 %), forests (about 44 %), and meadows and pastures (about 6 %). The river is characterized by relatively low ranges of flow variability – about 14.5 m<sup>3</sup>. The Słupia River is a direct receiver of sewage from 3 mechanical/biological wastewater treatment plants, the receiver of runoffs from fields and fish farms, and from villages without a wastewater collection system.

The following nutrient forms were analyzed: total nitrogen ( $N_{\text{tot}}$ ), nitrates ( $N\text{-NO}_3$ ), ammonium ( $N\text{-NH}_4$ ), nitrites ( $N\text{-NO}_2$ ), total phosphorus ( $P_{\text{tot}}$ ), and phosphates ( $P\text{-PO}_4$ ). Average annual nutrient concentrations were used. All data analyzed were obtained from official sources. They were collected within the surface water monitoring programme of the Inspectorate of Environment Protection and Institute of Meteorology and Water Management.

In the Słupia River over the period of about 30 years, a downward trend in the concentrations of all analyzed nutrient forms was observed. The mean annual  $P_{\text{tot}}$  concentration changed from about 0.4 – 0.5 mgP dm<sup>-3</sup> in the late 1980's to below 0.1 mgP dm<sup>-3</sup> in 2015. The concentration of  $P\text{-PO}_4$  was reduced by 70 % and changed from about 0.25 mgP dm<sup>-3</sup> to 0.07 mgP dm<sup>-3</sup> in 2002 – 2015. The most visible changes in total nitrogen concentration were recorded in the years 1988 – 2002: from about 4 mg N dm<sup>-3</sup> to 1.9 mg N dm<sup>-3</sup>. In recent years  $N_{\text{tot}}$  concentration was about 1.8–2.0 mg N dm<sup>-3</sup>. At the same time, mean concentrations of ammonium nitrogen decreased ten times, from about 0.6 – 0.8 mg N dm<sup>-3</sup> to about 0.07 mg N dm<sup>-3</sup>. The decrease in the concentrations of  $N\text{-NO}_3$  was less dynamic but statistically significant, changing from 1.3 mg N dm<sup>-3</sup> to about 1.0 mg N dm<sup>-3</sup>. Additionally, during the last 30 years, the  $N_{\text{tot}}/P_{\text{tot}}$  ratio increased significantly. The average weight of the N/P ratio changed from about 8–10 in 1989–990 to about 18 in the last years of the study period. The increase of N/P value indicates improvement in the ecological status of studied rivers.

Correlation analyses indicate that significant reduction in point emission of nutrients and in consumption of organic fertilizer played an important role in the change of nutrient concentration in the studied river.

**Kurhaluk N.<sup>1</sup>, Tkachenko H.<sup>1</sup>, Hetmański T.<sup>2</sup>, Włodarkiewicz A.<sup>3</sup>, Tomin V.<sup>3</sup>**

**HEAVY METALS IN FEATHERS OF PIGEONS (*COLUMBA LIVIA* f. *URBANA*)  
FROM THE POMERANIAN REGION (NORTHERN POLAND)**

<sup>1</sup>*Department of Biology, Institute of Biology and Earth Sciences  
Pomeranian University in Słupsk, Poland*

<sup>2</sup>*Department of Earth Sciences, Institute of Biology and Earth Sciences  
Pomeranian University in Słupsk, Poland*

<sup>3</sup>*Department of Physics, Institute of Science and Technology  
Pomeranian University in Słupsk, Poland*

*22b, Arciszewski Str., 76-200 Słupsk, Poland  
e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

The feral pigeon (*Columba livia* f. *urbana*) occurs in larger cities on almost all continents of the world (Johnston and Janiga, 1995). Its nesting colonies are often concentrated in the center

of towns and cities (Sacchi et al., 2002), and feeding communities are observed even in places with heavy traffic. Recent studies conducted by Hetmański (2007, 2011) indicate that the pigeon is a sedentary species, as the birds do not migrate from the city to other localities and show great attachment not only to the location but also to one breeding colony. The dispersion of urban pigeons to other breeding colonies within one city occurs only in young birds, and this feature disappears completely in adult individuals (Johnston and Janiga, 1995; Baldaccini et al., 2000). This feature makes pigeons very good indicators of the pollution of the urban environment, as birds accumulate various harmful substances from a specific area of the city in their bodies, most often in the vicinity of the breeding colony (Lodeni and Solonen, 2013; Cui et al., 2013; Cui et al., 2016; Grúz et al., 2019). The strong philopatry towards their feeding and breeding sites is an advantage in monitoring studies, as it allows investigation of the difference in the level of pollution occurring in different districts of the city (Dauwe et al., 2003).

Heavy metals have been shown to accumulate in kidneys, liver, blood, feathers, eggs, and bones (Mateo and Guitart, 2003; Deng et al., 2007; Jayakumar and Muralidharan, 2011; Farahani et al., 2015; Zarrintab and Mirzaei, 2018; Grúz et al., 2019). Different internal organs of birds can be used for research, and eggs, feathers, or blood can be tested as well (Hoff Brait and Antoniosi Filho, 2011; Frantz et al., 2012; Pei et al., 2017). Investigation results have also shown that urban pigeons have several times higher levels of heavy metals accumulated in their tissues than domestic pigeons (Kouddane et al., 2016).

The current study aimed to assess the influence of varied environmental-induced stress on pigeons living in different contaminated areas (Szpećgawa and Słupsk, Pomeranian Voivodeship, northern Poland). The main goals of the study were to determine whether the metal contents differ between soil and feathers of pigeons living in areas with different levels of anthropopressure.

The research was conducted in the Słupsk and Szpećgawa located in the Pomeranian Voivodeship, northern Poland. Słupsk (N 54° 27' 57.681" E 17° 1' 50.366") is a city with 90 thousand inhabitants located in the central part of Pomerania. In the central part of the city is the Old Market, a recreational and tourist center. At the same time, the Old Market has been a feeding ground for the largest flock of the urban pigeon (*Columba livia f. urbana*) with above 300-400 individuals for many years. The first pigeons appeared in this town in the 1980s. The area where the urban pigeons feed is partly paved; the soil for the urban vegetation has been brought from the neighboring agricultural areas.

Szpećgawa is a village located about 120 km east of Słupsk. The village includes farms located on agricultural land. For the study of suburban pigeons, a farm located at the point with coordinates N 54°05'44.4", E 18°43'15.7" was selected. It is an old farm established after World War II. To harden the ground on the farm, loose slag (trail), i.e. a waste material from metallurgical production, was brought in the 80s of the last century. The farm also houses the breeding of urban pigeons originating from the pigeon population from Słupsk. The colony was established in 2007-2008 to conduct a series of experimental studies, the results of which have been published (Hetmański, 2011).

Surface soil samples were collected from both sites to analyze the heavy metal content in the soil from which pigeons pick up gastroliths. In Słupsk, 4 soil samples (each sample was analyzed in 3 replicates) were taken from the Old Market square, where the largest flock of pigeons is located. In Szpećgawa, 4 soil samples (analysis of each sample was carried out in 3 replications) were taken from an area between farm buildings where the birds receive food and water. We also sampled feathers from 5 adult birds (minimum 1-year-old) in each place. Contour feathers were taken from the birds' backs.

The concentrations of chemical elements were analyzed in the feather and soil samples with an X-Ray fluorescence (XRF) analyzer at the Department of Physics, Pomeranian University in Słupsk (Poland). The XRF analyzer, model SciSps X-200 from SciSps, Inc., was used for

the determination of the concentrations of chemical elements in the samples. The analyzer is constructed to study elements in different samples such as soil, alloys, precious metals, and some others. The apparatus is factory calibrated with 37 standard elements including all measurable pathfinders. The X-ray fluorescence hyperspectral data were processed using PyMca 5.1.3 (Solé et al., 2007) and Datamuncher (Alfeld and Janssens, 2015) software. The device software uses either standard methods such as basic parameters for the spectra of the given elements (we used this method in our measurements) or user-generated empirical calibration curves to relate the X-ray spectrum to the element concentrations.

The basic statistical analysis (significance of regression slopes, analysis of variance for significance between the localities and between tissues for metals, distribution testing) was done using the STATISTICA 13.3 package (StatSoft, Krakow, Poland). The data were tested for homogeneity of variance using Levene's test of equality of error variances. Normality was checked by the Kolmogorov-Smirnov test.

The metal content in the soils in the areas studied differed significantly, i.e., a statistically significantly higher level of elements was observed in Szpęgawa compared to the results obtained from the Słupsk soil. This allowed us to classify this area as contaminated (Polluted area) since the level of metals except for Si, Ni, and Cu was statistically higher compared to the data from the Słupsk area. In the soil samples from Szpęgawa, the level of Al was higher by 121%, Ti – by 23%, Mn – by 242%, Fe – by 15.5%, and Pb – by 543.5% than in Słupsk (Non-polluted area). The lead level was fivefold higher in the soil from Szpęgawa. In the case of such metals as Zn, Zr, and Si, significantly higher levels were observed in Słupsk than in Szpęgawa. The current study demonstrated the impact of the environment with preferential high Pb contamination in soil and pigeon feathers collected in Szpęgawa village located near the A1 motorway on the formation of adaptive redox mechanisms in the skeletal muscle and cardiac tissues of pigeons.

The next stage of our research was to determine metal levels in the feathers of birds living in different areas. The content of elements in pigeon feathers was ambiguous. Pigeons from the polluted area had statistically significantly higher levels of Si and Pb in their feathers as well as low levels of Fe, Cu, and Zn compared to those from the Słupsk area. The analysis of metal content in the soil and feathers of birds showed different results, but since the lead content in both soil and feathers was significantly higher, we suggested that there were alterations in the metabolism of birds caused by the pronounced lead accumulation.

Fe, Cu, and Zn levels were higher in feather samples of pigeons from the non-polluted environment than in the polluted area. Probably, the differences between areas may be due to differences in geochemistry between the sites, because data on Zn in the soils support it. On the other hand, Fe levels in soil samples were higher in a polluted environment, while Cu levels were statistically non-significant between areas. Iron is an essential element for several crucial processes, i.e. hemoglobin and myoglobin transport, storage of oxygen in mammals, electron transfer support in a variety of iron-sulfur protein or cytochrome reactions, activation, and catalysis of a wide range of reactions (Sánchez et al., 2017). On the other hand, excessive Fe accumulation (hemochromatosis) in tissues has been manifested by cellular necrosis and fibrosis, often with associated functional changes in the liver, the heart, and endocrine tissues related to increased prevalence of infections, neoplasia, hepatopathy, cardiomyopathy, arthropathy, endocrinopathies, and neurodegenerative disorders (Whiteside et al., 2004).

**Stec M., Astel A.**

#### PHARMACEUTICALS – HEALTHY ORGANISM AND SICK ENVIRONMENT

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Poland  
22b, Arciszewski Str., 76-200, Słupsk, Poland, e-mail: marcin.stec@apsl.edu.pl*

The pharmaceutical industry is one of the fastest-growing industries characterized by high resistance to market fluctuations. The value of the pharmaceutical industry in the world is estimated at over USD 1 trillion (Department of Strategy and International Analysis, 2019). The

main markets for the pharmaceutical industry are the United States (28 % of global turnover), the European Union (15 %), and Japan (12 %) (Pharmaceutical and Biotechnology Sector in Poland, 2011), where the recipients of pharmaceutical products are pharmacies, hospitals and health centers. A growing group of buyers is single consumers who use a wide range of over-the-counter drugs, the so-called OTC. An important group are also veterinary offices and industrial and agricultural farms (Zajac et al., 2012; Deziel, 2014; Zembrzuska et al., 2014).

According to the law, pharmaceuticals are substances or a mixture of substances administered for the treatment or prevention of human and animal diseases, for therapeutic diagnosis, or the restoration, improvement, or modification of physiological functions of the body through pharmacological, immunological, or metabolic effects (Baranowska, 2010).

Although the therapeutic doses of a pharmaceutical agent are small, the upward trend in the global use of pharmaceuticals has significantly contributed to their presence in the environment (Gerrity and Snyder, 2012; Arnold et al., 2014). The main sources of pharmaceutical contamination include drug companies, hospitals, households, veterinary surgeries, and livestock farms. Pharmaceutical residues and their metabolites end up in wastewater treatment plants, where they are not completely removed in biological processes. Together with treated sewage, pharmaceuticals go to surface waters. The source of pharmaceuticals in the environment may also be surface runoff from livestock farms, farmlands fertilized with animal manure, and direct application of some therapeutic agents (e.g. antibiotics) to waters (e.g. fish farms) (Felis et al., 2006; Sosnowska et al., 2009; Kummerer, 2010; Nair, 2012; Szymonik and Lach, 2012; Deziel, 2014).

The main danger of pharmaceuticals in the environment is that they are designed to maximize their biological activity at low doses and target specific metabolic, enzymatic, or cellular mechanisms (Gerrity and Snyder, 2012; Vasquez et al., 2014). Therefore, pharmaceuticals delivered to the environment may modify the basic life processes and behavior of aquatic organisms, leading to the disturbance of biodiversity and the balance of aquatic ecosystems (Załęska-Radziwiłł et al., 2013). Moreover, pharmaceuticals are relatively stable, pseudo-persistent, and lipophilic ( $\log K_{ow} > 3$ ) compounds. Due to these properties, pharmaceuticals or their metabolites can bioaccumulate in aquatic and terrestrial ecosystems (Ternes et al., 1998). Among the many classes of pharmaceuticals, antibiotics, antidepressants, nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs),  $\beta$ -blockers and hormonal agents are the greatest environmental concern (Besse et al., 2010).

The residues of pharmaceuticals in the environment are determined using chromatographic methods. The methodology includes sample pretreatment by solid-phase extraction (SPE) followed by analytical determination by high-performance liquid chromatography (HPLC) using a diode array detector (DAD) and a fluorescence detector (FLD). So far, the presence of pharmaceuticals has been found in freshwater ( $< 0.3\text{--}167100 \text{ ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ) (Kasprzyk-Hordern et al., 2009; Fekadu et al., 2019), untreated sewage ( $< 1\text{--}482687 \text{ ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ), treated sewage ( $ND\text{--}97616 \text{ ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ) (Kasprzyk-Hordern et al., 2009; Besse et al., 2010) and in aquatic organisms ( $0.02\text{--}2390 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  in tissues and  $0.055\text{--}567 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  in fish plasma and bile) (Miller et al., 2018).

Unfortunately, despite the progress in analytical technology, studies determining the level of accumulation of pharmaceuticals in various components of the environment are not common. It is caused by a lack of appropriate legal regulations and the lack of international standardization of analytical methods.

## ЗООЛОГІЯ / ZOOLOGY

**Жуленко В., Шеремета Р., Гедзюк В., Кремпа К., Шидловський І.**  
ЯКІСНИЙ СКЛАД ЗИМОВОЇ ОРНІТОФАУНИ МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЙ  
ЧЕРКАСЬКОЇ ТА ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ

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

**Zhulenko V., Sheremeta R., Hedziuk V., Krempa K., Shydlovskyy I.** THE RESEARCH OF A COMPOSITION OF THE WINTER AVIFAUNA IN CITY AGGLOMERATIONS OF CHERKASY AND LVIV REGIONS. It is important to make systematical research of the winter avifauna on the territory of city agglomerations of different levels in a period of active anthropogenic environmental transformation. Birds tend to migrate to settlements from more common territories during the winter. That is why the research of their spread on the territories of city agglomerations gives an opportunity to get data about levels of synanthropy of some of the species.

Проведення систематичних досліджень зимової орнітофауни на території міських агломерацій різних рівнів у час активної антропогенної трансформації середовища, є важливим. Оскільки під час зимівлі птахи схильні до кочівель у населені пункти із більш звичних для них територій, дослідження їхнього поширення на території міських агломерацій дасть можливість отримати дані про рівень синантропізації окремих із них.

Нами обрано 4 міські агломерації у двох областях України, які різнилися як за площею, так і за географічними особливостями, що дало можливість дослідити орнітологічні угруповання, приурочені до різних типів біотопів, які зазнали різного рівня антропогенного впливу. Для збору даних застосовано модифікований метод нелінійних трансект  $l=100$  м. Протягом зимового періоду 2020\21 рр. нами прокладено 2250 трансект загальною протяжністю 225 км. Таким чином ми отримуємо дані з високою роздільною здатністю, що дасть можливість простежити поширення тих чи інших видів на території міських агломерацій та виявити рівень синантропізації зимуючих видів, а також достовірно закартувати отримані дані за допомогою QGIS, що створить наочну мапу поширення певних видів на досліджуваних територіях.

У цій публікації ми характеризуємо орнітофауну за категоріями природоохоронного статусу. Протягом періоду досліджень нами обліковано 74 види, із них занесено до ЧКУ такі: сорокопуд сірий (*Lanius excubitor*) - рідкісний, орлан-білохвіст (*Haliaeetus albicilla*) - рідкісний, гоголь (*Bucephala clangula*) - рідкісний, сова довгохвоста (*Strix uralensis*) - недостатньо відомий, лунь польовий (*Circus cyaneus*) – рідкісний.

На території львівської агломерації відмічено 44, жидачівської - 31, черкаської - 67, канівської - 36 видів відповідно. Найчисленнішими були: у львівській агломерації - голуб сизий, синиця велика, грак; у черкаській - голуб сизий, синиця велика, грак; у жидачівській - синиця велика, горобець польовий, горобець хатній; у канівській - горобець польовий, синиця велика, горобець хатній. До розрахунку чисельності на території агломерацій не брали птахів водно-болотного комплексу оскільки вони тяжіють до водойм, які не пов'язані із самою територією населених пунктів, але найчисленнішими з них були: у черкаській агломерації - крижень; у канівській - крех великий; у жидачівській - баклан великий; у львівській - крижень. Більша кількість облікованих видів птахів у черкаській та канівській агломераціях пов'язана з впливом водосховищ, що є місцем концентрації навколводних і водних птахів. Крім того, більше видів було обліковано на території агломерацій обласного рівня, ніж районного, що пов'язано з різницею у площі.

**Кіян Т., Череватенко А., Рахматіл্লাєва М., Сідоровський С.**

**ЖИВЛЕННЯ ЗВИЧАЙНОГО ОКУНЯ У РІЧЦІ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ**

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
пл. Свободи 4, м. Харків, 61022, Україна  
e-mail: kiyantaya89@gmail.com*

**Kiyan T., Cherevatenko A., Rakhmatillaeva M., Sidorovsky S.** PERCH FEEDING IN THE SEVERSKY DONETS RIVER. This study was aimed at studying of perch food preferences. A total amount of 116 perch specimens, 297 samples from their guts and 701 samples from hydrobiological collection were processed. Representatives of Gammaridae, Chironomidae, Asellidae, Trichoptera, Daphniidae were mostly found in the perch diet due to the analysis. As a result of studying of the content of the food clumps it was found that in the condition of sandy shallow water of the Seversky Donets river perches prefer the most numerous in the biotops Gammaridae and Chironomidae as a nutriment.

Дослідження вмісту кишково-шлункового тракту риб є не лише шляхом до вивчення їхнього раціону, але також і важливим джерелом інформації щодо багатьох аспектів біології й екології риб та інших водних організмів, у нашому випадку – окуня звичайного *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758.

Метою даного дослідження було вивчити спектр живлення *Perca fluviatilis* і його кормові переваги на різних ділянках водотоків та у різних розмірно-вікових групах. Для досягнення мети було виконано такі завдання: зібрані проби бентосу, планктону та епіфітону; зібрано вибірка риб й відібрано з них окуня звичайного; у лабораторії визначено довжину тіла, вагу, вік та зроблено розтин шлунково-кишкового тракту, визначено кількісний та якісний склад вмісту шлунків. Збір матеріалу для цього дослідження здійснено в першій декаді липня 2020 р. на двох піщаних відмілинах річки Сіверський Донець (49°37'15.1»N, 36°19'46.5»E та 49°37'23.4»N, 36°19'53.2»E), за загальноприйнятими методиками (Романенко, 2006). Визначення безхребетних провели за визначником (Определитель пресноводных..., 1977).

Усього було оброблено 116 особин окуня, стандартною довжиною від 27,1 мм до 132,5 мм, у середньому 64,9 ± 20,25 мм, і масою від 0,53 г до 36,95 г, у середньому 9,8 ± 7,94 г. У шлунках риб виявлено 297 рештків організмів. У гідробіологічних пробах з річки було загалом виявлено і проаналізовано 701 об'єкт, що, ймовірно, належали до корму.

Загалом у угрупованнях риб досліджених біотопів виявлені окуні віком 1+ займали домінуючу позицію за численністю — 85,4 %, особин віком 0+ і 2+ було 10,3 % та 4,3 % відповідно.

У результаті вивчення вмісту харчової грудки окуня встановлено, що у цілому на піщаних відмілинах річки Сіверський Донець, домінуючими у раціоні виступали представники Gammaridae (48 %) та Chironomidae (26 %); значні частки у раціоні також мали Asellidae (7 %), Trichoptera (6 %), Daphniidae (6 %), Coenagrionidae (3 %), Cyprididae (2 %); Cyclopidae, Coleoptera та Chydoridae мали частку менше 1 %.

За результатами розрахунку індексу елективності було виявлено, що в цілому окунь надає перевагу представникам Gammaridae, Coenagrionidae, Chironomidae й ігнорує Cyprididae, Cyclopidae, Chydoridae.

Загалом у біотопах серед потенційних кормових об'єктів живлення також частіше трапляються представники Gammaridae (54 %) та Chironomidae (34 %), що свідчить про те, що в живленні переважають ті кормові організми, які у цей час найінтенсивніше розвиваються на тій чи іншій ділянці.

Аналізом спектру живлення окуня на різних ділянках були виявлені певні відмінності. Для одного мілководдя характерне співвідношення: Gammaridae 30 %, Chironomidae 20 %, Asellidae 14 %, Trichoptera 12 %, а для іншого — Gammaridae 58 %, Chironomidae 28 %, Asellidae 4 %, Trichoptera 3 %.

У двох розмірно-вікових групах окуня є відмінності у живленні. Розмірно-вікова група 0+ надає перевагу Chironomidae (36,0 %), Daphniidae (24,0 %), Trichoptera (12,0 %) та Ostracoda (12 %), значно менші частки в раціоні становили Asellidae (4,0 %), Gammaridae (4,0 %) та Coenagrionidae (4,0 %). Для розмірно-вікової групи 1+ ключовими об'єктами живлення є Gammaridae (50,6 %), Chironomidae (25,7 %) та менше представлені Trichoptera (6,1 %), Asellidae (5,7 %), Daphniidae (5,0 %), Coenagrionidae (2,7 %). Розмірно-вікова група 2+ надає перевагу Gammaridae.

**Козир Ю., Сідоровський С., Утевський С.**

ПЕРША ЗНАХІДКА АКВАРІУМНОЇ КРЕВЕТКИ  
*NEOCARIDINA DAVIDI* (BOUVIER, 1904) В УКРАЇНІ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна  
e-mail: serge.sidorovsky@karazin.ua

**Kozyr J., Sidorovsky S., Utevsky S. FIRST RECORD OF THE AQUARIUM SHRIMP  
*NEOCARIDINA DAVIDI* (BOUVIER, 1904) IN UKRAINE.** On June 2, 2020, 13 individuals of *Neocaridina davidi* were found in the Kharkiv River, Kharkiv, Ukraine (49.9881169, 36.2423354). This is the easternmost record of the shrimp know so far.

Вишневі креветки (*Neocaridina davidi*) є екзотичними прісноводними ракоподібними, що належать до родини Atyidae та походять з Південно-Східної Азії. Креветки дикого типу, як правило, прозорі або зеленувато-коричневі, однак завдяки селекційним методам наразі існує різноманітна палітра кольорів їхнього забарвлення (Ronald, 1999).

Представники цього виду є популярними акваріумними тваринами у багатьох європейських країнах. Однак вони знайдені також у природних водоймах: у притоках річки Рейн (Klotz et al., 2013) і в Польщі в термічно забруднених каналах, що впадають у Одер, (Jablonska et al., 2018). В Угорщині у річці Шайо (Weiperth et al., 2019).

Вишневі креветки розмножуються статевим шляхом, самка носить яйця, поки вони не будуть готові до вилуплення. Час інкубації яєць становить від 16 до 19 діб. Креветки ростуть і розмножуються за кімнатної температури. Експериментально встановлено, що вони найкраще розмножуються за температури 28 °С, добре себе почувають за температури 22–25 °С, але виявилось, що деякі особини можуть жити і за 11,8 °С. Отже, вишневі креветки можуть розмножуватися в помірній кліматичній зоні, а майбутні покоління, імовірно, добре пристосуються до цих умов (Weiperth et al., 2019).

Нами були знайдені 2 червня 2020 р. 13 особин *N. davidi* в річці Харків (49.9881169, 36.2423354), яка протікає в м. Харків і оточена багатоповерховими будівлями. В Україні цей вид екзотичних ракоподібних знайдено вперше. У місці знахідки креветок трапляється тропічна акваріумна рослина *Pistia stratiotes*, яка теж потрапила туди, імовірно, з акваріуму. Є всі підстави припускати, що завдяки потеплінню клімату, зв'язку водних шляхів і діяльності акваріумістів, вони поширяться і в багатьох інших регіонах Європи та стануть стійким елементом місцевої фауни. Інформування громадськості щодо негативних наслідків вивільнення акваріумних тварин і рослин у природні прісні водойми є одним із вирішальних способів зменшення ризику подальшого поширення вишневих креветок.

**Марців М., Дикий І.**

ПРО ШКІДЛИВІ ВИДИ (НА ПРИКЛАДІ ХИЖИХ ССАВЦІВ)

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

**Martsiv M., Dykyy I. ABOUT HARMFUL SPECIES (ON THE EXAMPLE OF PREDATORY MAMMALS).** Here we are talking about the problem of defining the term “harmful”. We

are considering approaches resolve the “predator-prey” conflict. We review the reasons for identifying wolves and foxes as harmful species. We are also talking about changes in the approach of regulating the number of these predators.

Закон України «Про мисливське господарство та полювання» містить статтю 33, в якій ідеться про боротьбу зі «шкідливими» видами. Також термін «шкідливий» вид прописаний у Лісовому кодексі України та списках шкідників (Васильев, 1973). Проте ніде не вказано критеріїв, за якими тварин залучають до даного списку (Shkvyria et al. 2018), що може ставити під сумнів доцільність боротьби з представниками цих видів.

Одним із найпоширеніших видів «шкідників» є лисиця звичайна, проти якої тривалий період ведеться кампанія з відстрілу, як у мисливському, так і в сільському господарстві. Безумовно, лисиця становить загрозу, оскільки є основним джерелом вірусу сказу (Данильченко, 2016) та переносником різноманітних гельмінтів (Люлін, Федорова, 2017). Однак негативна роль цього хижака у мисливському та сільському господарстві дуже перебільшена. Так, лисиця полює на мисливські види тварин (засць сірий, куріпка сіра, фазан), але частка цих кормів в її раціоні невелика (Лушак та ін. 2006; Марців, 2018; Марців, Дикий, 2019). Загальновідомо, що тривале спільне існування хижаків і жертв призводить до формування системи взаємодії «хижак — жертва», при якій обидві групи стійко зберігаються на території співіснування. Порушення такої системи часто призводить до негативних екологічних наслідків. Також лисиці часто поїдають падлину і є одними з головних утилізаторів загиблих тварин. Під’їдаючи залишки жертв інших хижаків (вовка та рисі) після відходу від них господарів, звір виступає в екосистемах у ролі коменсала.

Ще одним видом «шкідників» вважається вовк звичайний, до якого вкрай агресивно ставиться суспільство. Даний вид потрапив до списку шкідників у середині минулого століття, коли завдавав багато шкоди сільському господарству. На даний момент ця шкода мінімальна, а чисельність вовка значно скоротилась (Shkvyria et al. 2018). Тож доцільність боротьби з цим хижаком залишається відкритим питанням. Щорічна регуляція чисельності вовків є своєрідним селекційним відбором тварин, які бояться людину і асоціюють її запах зі смертельною небезпекою. За тривалий час постійними відстрілами людина систематично руйнує структуру зграй вовків і змінює їхню соціальну поведінку. В умовах Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника, де понад 30 років відсутній відстріл вовків, тварини повернулися до звичної поведінки. Кожна зграя чітко контролює свою територію, не допускаючи вовків-«чужаків». Відбувається справжній природний добір серед ратичних, популяції яких також стрімко збільшилися на території зони відчуження. Окрім того, в таких умовах вовкам надовго вистачає впольованої здобичі, біля якої вони можуть перебувати тривалий час, максимально утилізуючи впольовану жертву. За неконтрольованого відстрілу, окремі групи особин зі зруйнованих людиною вовчих зграй, поводять себе непередбачувано й агресивно. Можуть навідуватися населені пункти у пошуках легкої здобичі, особливо вовки-одинаки. Нерідко в зимовий період вони живляться свійськими собаками, яких легко здобути (Delehan et al. 2002). Часто нападають на свійських ратичних, вбиваючи їх у більшій кількості, ніж можуть з’їсти. Це ще більше посилює конфлікт «людина-хижак».

Варто також вказати на саме поняття шкідливості виду, оскільки воно провокує агресивне ставлення до цих тварин. Оскільки немає чіткого плану та методики регулювання чисельності представників «шкідливих» видів, то багато людей систематично знищують цих тварин (незважаючи на сезон та закон). Зазвичай, через це страждають інші види тварин, які можуть потрапити під «перехресний вогонь». Також Закон України «Про захист тварин від жорстокого поводження» не захищає представників цих видів, а це, у свою чергу, знову ж провокує негуманні способи регуляції чисельності цих тварин.

Отже, необхідно прописати чіткі критерії, за якими визначають шкідливість того чи іншого виду тварини, переглянути й оновити вже наявний список видів-«шкідників». Також, треба узгодити методи моніторингу хижих тварин (з розрахунком кількості особин на певну площу) та визначити категорії людей, які мають право відстрілювати даних хижаків. Варто подумати про заміну терміну «шкідник», аби знизити конфлікт «людина-хижак». Наприклад, замість цього терміна, вживати словосполучення «види, які потребують регуляції чисельності».

**Мацко Є., Кіюся Є.**

**ЗНАХІДКИ ТИХОХОДІВ (TARDIGRADA) НА ТЕРИТОРІЇ ПРИРОДНОГО  
ЗАПОВІДНИКА «ГОРГАНИ»**

*Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна  
e-mail: elizabeth.matsko@gmail.com*

**Matsko Ye., Kiosya Ye. RECORDS OF TARDIGRADES FROM GORGANY NATURE RESERVE.** We studied 36 samples of mosses from the territory of Gorgany National Reserve (Ukrainian Carpathians, Ivano-Frankivsk Oblast). 18 species of eutardigrades were found. Tardigrades from genera *Macrobiotus* and *Paramacrobiotus* were the most numerous.

Фауна тихоходів (типу Tardigrada) в Україні є маловивченою. Зокрема, основні дослідження тихоходів в Українських Карпатах проводили доволі давно: в 1937, 1940 (Iharos), 1967 (Bartos) та 1986–1989 роках (Бісеров). При цьому найповніше була вивчена фауна Закарпатської області – в околицях Карпатського біосферного заповідника, Угольсько-Широколужанського заповідного масиву, НПП «Синевир» і кількох інших місцях. У Чернівецькій та Івано-Франківській областях збори матеріалів проводили тільки в с. Долішній Шепіт і в «Чортовому урочищі» поблизу р. Сукіль відповідно. Тобто все ще залишилася велика кількість територій, для яких видове різноманіття тихоходів не описане взагалі.

У рамках нового комплексного дослідження тихоходів Українських Карпат ми провели дослідження їхнього видового різноманіття у пробах мохів, зібраних у двох локаціях на території природного заповідника «Горгани» в липні 2012 р.: 1) на північному схилі г. Березовачка (висота ~ 1300 м н. р. м.); 2) поблизу р. Джурджинець у смереково-воровому лісі (висота ~ 1000 м н. р. м.). Усього досліджено 36 проб мохів. Для екстракції тихоходів наважком 1 г проби розмочували у воді протягом 30 хв, а потім переглядали зливу воду під стереомікроскопом (x40, на темному полі). Зі знайдених особин тихоходів, їхніх яєць і екузвіїв виготовляли мікропрепарати на основі рідини Фора. Препарати вивчали під світловим фазово-контрастним мікроскопом (x400) і визначали таксономічну приналежність тихоходів за допомогою актуальних визначників.

У результаті виявлено 775 особин, які належать до 18 видів, 15 родів, 5 родин, 2 порядків класу Eutardigrada. Панцирні тихоходи (клас Heterotardigrada, родина Echiniscidae) не були виявлені, хоча в інших локаціях Карпат вони трапляються. Назви таксонів наводяться згідно з Actual checklist of Tardigrada species (Degma et al., 38<sup>th</sup> Edition: 18-08-2020).

Родина Milnesiidae Ramazzotti, 1962: *Milnesium* sp.

Родина Isohypsibiidae Sands et al., 2008: *Dianea* sp., *Isohypsibius prosostomus* Thulin, 1928.

Родина Macrobiotidae Thulin, 1928: *Macrobiotus* sp. gr. *Hufelandi*, *Mesobiotus* sp., *Minibiotus* cf. *intermedius*: *Paramacrobiotus* sp. 1, *Paramacrobiotus* sp. 2

Родина Hypsibiidae Pilato, 1969: *Adropion* sp., *Adropion scoticum scoticum* (Murray, 1905), *Astatumen trinacriae* (Arcidiacono, 1962), *Diphascion pingue pingue* (Marcus, 1936), *Guidettion prorsirostre* (Thulin, 1928), *Hypsibius* sp. 1, *Hypsibius* sp. 2, *Mesocrista revelata* Gąsiorek et al., 2016, *Pilatobius* sp.

Родина Ramazzottiidae Sands et al., 2008: *Ramazzottius* sp.

Найчисленнішими в досліджених пробах були представники роду *Macrobiotus* – їхня частка становить близько 54 % від усіх виявлених тихоходів. Оскільки згідно з літературними даними різноманіття тихоходів у Карпатах є значно більшим, аніж згідно з нашими даними, на території заповідника потрібні подальші дослідження.

Автори висловлюють подяку Олегу й Альоні Прилуцьким за збір зразків для дослідження.

**Рахматіллаєва М., Сідоровський С., Утевський С.**

**ФІЛОГЕНЕТИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ РІЧКОВИХ РАКІВ *ASTACUS LEPTODACTYLUS* ESCHSCHOLTZ, 1823 З СІВЕРСЬКОГО ДІНЦЯ В ОКОЛИЦЯХ М.ЗМІЇВ**

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна  
e-mail: rakhmatillaeva0607@gmail.com*

**Rakhmatillaeva M., Sidorovskyi S., Utevsky S.** PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS OF THE NARROW-CLAWED CRAYFISH *ASTACUS LEPTODACTYLUS* ESCHSCHOLTZ, 1823 FROM THE SIVERSKY DONETS IN THE VICINITY OF ZMIIV. The phylogenetic position of *Astacus leptodactylus* from the Siversky Donets in the vicinity of Zmiiv suggests that the closest crayfish populations occur in Turkey.

Рак вузькопалий (*Astacus leptodactylus*) належить до прісноводних ракоподібних родини Astacidae, він широко розповсюджений у прісних водоймах на всій території Європи. Раки віддають перевагу ділянкам дна з піщаними, глиняними й піщано-мулистими ґрунтами і температурами 1–28 °С. Оптимальний ріст і розвиток раків спостерігають за температури води 18–23 °С.

*Astacus leptodactylus* є об'єктом аквакультури, його широко розводять як у відкритих водоймах, так і в системах УЗВ (установки замкнутого водопостачання). Завдяки цьому вузькопали раки постійно збільшують свою чисельність і поширюються на території України та Європи загалом.

Наприкінці минулого століття у 1890 роках на території сучасної України був спалах чуми раків – інфекційного захворювання, спричиненого ооміцетом *Aphanomyces astaci*. Чума раків знищила майже всіх представників родини Astacidae на території Російської імперії. Після закінчення спалаху чуми раків розпочали реінтродукцію річкових раків у прісні водойми.

Три екземпляри (дві самиці і один самець) *A. leptodactylus* було знайдено в річці Сіверський Донець у околицях м. Зміїв (49.623115 N, 36.330990 E) 2 липня 2020 р. Після аварії на Диканівських очисних спорудах в м. Харків у 1995 р., цей вид раків дуже рідко трапляється в р. Сіверський Донець.

Зібрані особини раків були передані на аналіз ДНК. Дослідження послідовностей мітохондріального гена *COI* екземплярів *A. leptodactylus* з Сіверського Дінця показало значну схожість з вузькопалими раками з Туреччини. Ця схожість може бути пояснена навмисним поширенням річкових раків людиною, через що *A. leptodactylus* значно розширив свій ареал.

**Сокальчук А., Решетило О.**

**ДОБОВИЙ РИТМ КОТА СВІЙСЬКОГО *FELIS SILVESTRIS CATUS* L., 1758  
У ДОМАШНІХ УМОВАХ**

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

**Sokalchuk A., Reshetylo O.** CIRCADIAN RHYTHM OF THE DOMESTIC CAT *FELIS SILVESTRIS CATUS* L., 1758 UNDER THE INDOOR CONDITIONS. The aim of our research

was to conduct a comprehensive analysis of the circadian rhythm of the domestic cat. To analyze the daily cycle of the domestic cat the method of round the clock observation was used for two months (01.03- 30.04.2020). The highest game activity we observed after the morning feeding and in the afternoon. Increased aggression was observed at night, and noticeably lower one – during the daylight period. Sleep analysis showed its polyphase character. We can also note the close positive relationship between the meowing and raised tail ( $r=0.77$ ). Positive relationship of medium strength was observed in the case of purring and quiet tail wagging ( $r=0.49$ ) or purring and raised tail ( $r=0.48$ ), and, finally, between the meowing and nervous tail twitching ( $r=0.51$ ). Further research and analysis is needed to understand the behavior features of the domestic cat in details.

Свійські кішки є вже домашніми тваринами протягом 12 тис. років, проте ми й надалі мало знаємо про типову поведінку домашніх кішок, тому що більшість поведінкових досліджень проводять у лабораторіях, притулках або в колоніях диких кішок напіввільного утримання.

Головною метою нашого дослідження було здійснити комплексний аналіз добового ритму kota свійського *Felis silvestris catus* L., 1758 у домашніх умовах. Для цього використали метод спостереження, який застосовували цілодобово протягом двох місяців (01.03 – 30.04.2020). Класифікацію і аналіз поведінкових аспектів здійснювали за допомогою спеціально розроблених анкет і таблиць у програмі Microsoft Excel.

У результаті роботи встановлено, що найчастіше кішка вмивається в час доби, коли споживає їжу (6-10, 16-20 год). Найвищу ігрову активність спостерігаємо після ранкового прийому їжі та в другій половині дня. Підвищена агресивність проявляється у темний час доби, помітно нижча – у світлий її період. Відповідно, спокійний настрій тварини переважає у світлу пору доби, а також опівночі.

Аналіз сну показує, що він є поліфазним із трьома максимумами, які припадають на 6-8, 12-14 і 20-22 год., та трьома мінімумами – 4-6, 10-12, 16-18 год. Характеристика голосової активності вказує на те, що муркотіння kota домінує у другій половині доби (12-02 год.), нявкіт переважає в першій її половині (02-12 год.), а шипіння не виказує жодних тенденцій і є, вочевидь, раптовим проявом переляку як реакції на загрозу, адже трапляється найрідше.

Однією з характерних пар параметрів, яка була порівняна і проаналізована статистично є голос kota та активність його хвоста, адже відомо, що хвіст kota виконує, по суті, функцію міміки приматів і людини. У цьому випадку простежуємо чітку пряму залежність між голосовою і хвостовою активностями, зокрема, бачимо тісний позитивний взаємозв'язок між нявчанням і настовбурченим догори хвостом ( $r=0,77$ ). Позитивний зв'язок середньої сили спостерігаємо у випадках муркотіння і спокійного помахування хвостом ( $r=0,49$ ), муркотіння і настовбурченості хвоста ( $r=0,48$ ), а також поєднання нявкоти з нервовим сіпанням хвостом ( $r=0,51$ ).

Наше дослідження встановило наявність низки залежностей і особливостей поведінкових рис kota свійського, але для глибшого розуміння їх саме в домашніх умовах необхідні подальші детальні дослідження та докладний аналіз їхніх результатів.

**Трошин А., Головатюк А.**

**ЖУКИ ХОРТОБИОНТИ ВІДВАЛІВ ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ КРИВОРІЗЬЖЯ**

*Криворізький державний педагогічний університет  
просп. Гагаріна, 54, м. Кривий Ріг, 50086, Україна  
e-mail: andrey.troshin2275@gmail.com*

**Troshin A., Golovatyuk A. CHORTOBIONT BEETLS OF IRON ORE DUMPS OF THE NORTHERN PART OF KRIVYI RIH. As a result of research 68 species of hortobiont beetles**

from 49 genera and 14 families occurring on Leninsky and Pervomaisky iron ore dumps were found. The following families predominate in terms of the number of species: Chrysomelidae (17 species from 8 genera), Cerambycidae (12 species from 8 genera), Curculionidae (12 species from 9 genera), Scarabaeidea (7 species from 7 genera) and Coccinellidea (6 species from 6 genera).

Кривий Ріг – потужний гірничо-металургійний комплекс, у якому гірничовидобувна промисловість почала існувати більш, ніж 100 років тому. За цей період, період інтенсивного антропогенного та техногенного впливу майже не залишилося природних незмінених біотопів. Основним типом міського ландшафту став техногенний, який представлений відвалами, кар’єрами, шахтними порожнинами тощо.

Площа Кривого Рогу займає 431,4 км<sup>2</sup>, а під техногенними ландшафтами зайнято близько 48,8% території міста. Лише відвалів розкривних гірських порід у місті зосереджено 104 загальною площею близько 70 км<sup>2</sup>. Про такі об’єкти завжди говорять як про щось суто негативне, оскільки руйнується ґрунтовий покрив та знищується місцева флора та фауна. Але коли це вже зроблено і змінити нічого не можливо, тоді, мабуть, потрібно поглянути на все під іншим кутом: відвали – це якісно новий тип ландшафту, де можна простежувати розвиток флори та фауни починаючи з первинних сукцесій. Такі рукотворні об’єкти створюють унікальні умови існування органічного світу зокрема, твердокрилих.

Хортобійнти – це мешканці травостою, що відіграють важливу роль у наземних екосистемах. Вони представлені як фітофагами, так і хижачками. Фітофаги живляться фітомасою, що, в свою чергу підвищує швидкість біоценотичного кругообігу речовин. Також вони можуть бути шкідниками сільськогосподарських культур. Хижі хортобійнти, з одного боку виконують роль регуляторів чисельності безхребетних, а з іншої можуть призводити до зникнення деяких видів на певній території. Тому дослідження жуків-хортобійнтів в умовах Криворіжжя має надважливе значення.

Дослідження проводили в 2019–2020 роках на Ленінському та Першотравневому відвалах; використовувалися загальноприйняті методи збору матеріалу – метод банок-пасток і косіння ентомологічним сачком. У результаті досліджень виявилось, що на вищезгаданих відвалах мешкає 68 видів жуків хортобійнтів котрі належать до 49 родів з 14 родин. За кількістю видів переважають такі родини: *Chrysomelidae* (17 видів з 8 родів), *Cerambycidae* (12 видів з 8 родів), *Curculionidae* (12 видів з 9 родів), *Scarabaeidae* (7 видів з 7 родів) і *Coccinellidae* (6 видів з 6 родів).

Аналіз видового складу твердокрилих хортобійнтів досліджуваних відвалів дає змогу зробити такі висновки: 1 – відвали є специфічними екосистемами; 2 – з часом відвали стають придатними для існування флори та фауни регіону; 3 – хортобійнтні твердокрили відображають відновлювальні процеси антропогенно змінених територій і є індикаторами стану довкілля регіону.

### Чайка Ю.

#### ЗИМІВЛЯ РУКОКРИЛИХ У ПЕЧЕРНИХ КОМПЛЕКСАХ ХРЕБТА КЛЮЧ (НПП “СКОЛІВСЬКІ БЕСКИДИ”)

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: chaika.yuriy24@gmail.com

**Chaika Y.** HIBERNATION OF BATS IN CAVES OF KLIUCH MOUNTAIN RANGE (NNP “SKOLE BESKIDS”). Kliuch mountain range is located in the National Nature Park “Skole Beskids”. During our studies, we observed the four biggest caves located near lake Zhuravlyne. In total five species of bat’s were discovered during 2019-2021: *Myotis myotis*, *M. bechsteinii*, *M. daubentonii*, *Plecotus auritus*, *Rhinolophus hipposideros*. The most numerous species was *M. myotis*, the total number of individuals range between 60 to 76 individuals. The highest number of bats were observed in Prokhidnyi Dvir cave.

Хребет Ключ лежить на території НПП “Сколівські Бекиди”, який розташований у межах однойменного гірського масиву Українських Карпат, що є частиною Східних Бескид. Загалом на схилах хребта Ключ відомо про наявність близько 30 печер, які поділені на два райони: на схилах гори Ключ (7 печер) і на південно-західних околицях хребта Ключ, поблизу озера Журавлине (>20 печер).

Зимові обліки рукокрилих протягом 2019-2021 рр. проводили у найбільших печерах поблизу о. Журавлине, а саме: Прохідний двір, Семи кажанів, Трьох кажанів і Веселка.

Протягом зими 2019-2020 рр. провели один облік у печері Прохідний двір і виявили 24 особини *Myotis myotis* Borkhausen, 1797 і 3 особини *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800). Протягом цього сезону печеру обстежили не повністю.

Протягом сезону 2020-2021 рр. здійснили два обліки у печерах Прохідний двір, Семи кажанів, Трьох кажанів і Веселка. Загалом було виявлено 5 видів рукокрилих: *M. myotis*, *M. bechsteini* Kuhl, 1817, *M. daubentonii* (Kuhl, 1817), *Plecotus auritus* (Linnaeus, 1758), *Rh. hipposideros*. Усі 5 видів були знайдені у печері Прохідний двір, в інших печерах було виявлено лише 2 види *M. myotis* і *Rh. hipposideros*. Найчисленнішим видом під час наших обліків була нічниця велика *M. myotis*, у печері Прохідний двір їхня чисельність коливалася від 40 до 47 особин, а загальна кількість особин у печерах Семи кажанів, Трьох кажанів і Веселка варіювала від 20 до 29 особин. Підковоніс малий *Rh. hipposideros* поодинокі траплявся в усіх обстежених печерах. *M. bechsteini*, *M. daubentonii*, *Pl. auritus* представлені лише поодинокими знахідками.

Печерні комплекси хребта Ключ мають велике значення для збереження популяцій рукокрилих Сколівських Бескид, оскільки є важливим місце для гібернації та роїння рукокрилих. Моніторинг і охорона місць гібернації рукокрилих стають ще більш актуальними через збільшення антропогенного тиску у НПП “Сколівські Бескиди” загалом і поблизу хребта Ключ зокрема.

**Череватенко А., Сідоровський С., Утєвський С.**

**ПЕРША ЗНАХІДКА ЕКЗОТИЧНОГО МОЛЮСКА *PLANORBELLA DURYI*  
(WETHERBY, 1879) У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61000, Україна  
e-mail: alyona.cherevatenko@gmail.com*

**Cherevatenko A., Sidorovskiy S., Utevsky S. FIRST RECORD OF THE EXOTIC MOLLUSC *PLANORBELLA DURYI* (WETHERBY, 1879) IN KHARKIV REGION.** In 2020, *Planorbella duryi* was found twice in thermally polluted water bodies within the town of Eskhar. No finds of these gastropods were registered in open water bodies of Kharkiv region before our records.

*Planorbella duryi* (Wetherby, 1879) – екзотичний вид легеневих червононогих молюсків, що належить до родини Planorbidae. Нативний ареал цього виду міститься у штаті Флорида, США. Для цих молюсків характерні двояковгнуті плоскі лівозакручені спіральні черепашки, які мають глибокий воронкоподібний пупок; забарвлення дикого типу переважно коричневе, але тепер завдяки селекційним метода з’явилися різноманітні варіанти забарвлення – від червоного до фіолетового й синього. *Planorbella duryi* належить до гермафродитів, які відкладають яйця та дуже швидко розмножуються. Характерним середовищем для існування цього виду є водорості й інші доступні субстрати у прісних водоймах різного типу. Цей вид також називають *Helisomia duryi*, його часто використовують як акваріумного равлика.

На території Європи й Азії *P. duryi* був виявлений у прісних водоймах багатьох країн: Хорватії (Štamol et al., 2015), Італії (Cianfanelli et al., 2007), Франції (Vimpère, 2004),

Мальти (Cilia, 2017), Польщі (Alexandrowicz, 1993), Німеччини (Geiter et al., 2002) та Індії (Tripathy et al., 2019).

Уперше на території України *P. duryi* був виявлений у зрошувальних каналах Одеської області (Son, 2007), згодом знайдений у р. Казенний Торець (Пісарев, 2020) та у водоймі-охолоджувачі Хмельницької АЕС (Силаєва и др., 2009).

Чотирнадцятого жовтня 2020 р. у водоймі в межах міста Есхар нами знайдено 7 екземплярів *P. duryi*. Згодом, 28 лютого 2021 р. знов було знайдено ще 9 екземплярів цього виду моллюсків у водоймі-охолоджувачі Харківської ТЕЦ-2. До цього не було зареєстровано знахідок *P. duryi* у відкритих водоймах Харківської області. Можливо, екзотичний вид моллюсків потрапив до цих водойм через діяльність акваріумістів. Отже, є достатньо підстав, щоб припустити, що через діяльність акваріумістів і потепління клімату збільшиться чисельність *P. duryi* у прісноводних екосистемах. Дуже ймовірно, що цей вид з’явиться в інших областях України.

**Шабанов В., Сідоровський С., Утєвський С.**

**НОВІ ЗНАХІДКИ Й ГЕНЕТИЧНЕ РІЗНОМАНІТТЯ МАРМУРОВИХ РАКІВ  
*PROCAMBARUS VIRGINALIS*, LYKO, 2017 У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна  
e-mail: shabanov.vova24@gmail.com*

**Shabanov V., Sidorovskiy S., Utevsky S. NEW FINDINGS AND GENETIC DIVERSITY OF THE MARBLE CRAYFISH *PROCAMBARUS VIRGINALIS*, LYKO, 2017 IN KHARKIV REGION.** On October 10, 2020, a specimen of *P. virginalis*, was caught in a cooling channel of the power plant in the town of Eskhar (49.79713 N, 36.60015 E). This population has spread downstream the Donets River. Our observations suggest that the population is established in Kharkiv.

Мармурові раки (*Procambarus virginalis* Lyko, 2017) — це прісноводні ракоподібні, що належать до родини Cambaridae. Уперше мармурових раків виявили в середині 1990-х років німецькі акваріумісти. Самиці розмножуються кожні 5–7 місяців, відкладаючи від 50 до 400 яєць, а прожити вони можуть більше 4 років.

*Procambarus virginalis* — популярний вид акваріумних тварин (Taylor et al., 1996). Уважають, що саме в акваріумі з’явилася ця мутантна партеногенетична форма (Vogt et al., 2015). Мармурові раки є екзотичним видом, який поширився у прісних водоймах багатьох країн Європи, на Мадагаскарі тощо.

Перші знахідки *P. virginalis* в Україні датовані 2014–2015 рр., коли дві особини були знайдені в Дніпропетровській області. Після цього кілька таких раків виявили в Одеській і Харківській областях.

10 жовтня 2020 р. 6 екземплярів *P. virginalis* знайдено в охолоджувальному каналі вугільної електростанції у селищі Есхар (49.79713 N, 36.60015 E). За словами місцевих рибалок, ця популяція мармурового рака існує приблизно з 2007 р., улітку її щільність сягає кількох десятків екземплярів на 1 м<sup>2</sup>. За цей час раки встигли поширитися уздовж русла річки Сіверський Донець: проти течії до міста Чугуїв і за течією до Есхарівської дамби, де їх ловлять рибалки разом з місцевим *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823. Є підстави вважати, що *P. virginalis* потрапив сюди як акваріумна тварина, яку випустили місцеві акваріумісти.

Було проведено аналіз ДНК пійманої особини. За результатами генетичного і морфологічного досліджень можна сказати, що популяція мармурових раків, яка живе в селищі Есхар, і популяція раків штучного ставка “Роднік” (Сідоровський та ін., 2020) дуже схожі між собою та з особинами з Німеччини.

Поширення мармурового рака у водоймах України загрожує екосистемам річок, ставків і озер. *Procambarus virginalis* може істотно вплинути на поширення аборигенних видів раків, змінити структуру трофічних ланцюгів.

**Шагіна О., Гусейнов М., Мабрукі Ю., Утєвський Г., Утєвський С.**

СИСТЕМАТИЧНЕ ПОЛОЖЕННЯ І ФІЛОГЕНЕТИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ  
П'ЯВОК РОДУ *LIMNATIS*

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

**Shahina O., Huseinov M., Mabrouki Y., Utevsky G., Utevsky S.** THE SYSTEMATIC POSITION AND PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS OF LEECHES OF THE GENUS *LIMNATIS*. Bloodsucking leeches of the genus *Limnatis* occur in the south-western Palaearctic. These species are important in terms of human health, veterinary medicine and parasitology. Traditionally, the leeches found both in North Africa and Western Asia have been identified as *L. nilotica*. Phillips & Siddall (2009) and Nakano et al. (2015) found that the leeches of the genus *Limnatis* of Israel, Afghanistan and Kazakhstan should be assigned to *L. paluda*. Despite that, there have been no sufficient data on genetic characteristics of *Limnatis* from Western Asia and North Africa. Furthermore, the North African *Limnatis* has never been characterized based on its DNA sequences. This research is aimed to apply both morphological and molecular phylogenetic approaches to identification of the leeches collected in Uzbekistan, Azerbaijan, and Morocco.

П'явки роду *Limnatis* живляться кров'ю, вражаючи слизові оболонки своїх хазяїв – переважно ссавців, зокрема, людини та свійських тварин. Більшість відомих видів цього роду живе в прісних водоймах Східної Палеарктики. Вивчення кінських п'явок важливо для таких практичних галузей, як паразитологія, медицина та ветеринарія.

До недавнього часу видовий склад роду *Limnatis* залишався нез'ясованим. Традиційно представників цього роду з Північної Африки і Західної Азії залучали до *Limnatis nilotica* (Savigny, 1822). Цей вид був описаний з Єгипту в складі роду *Bdella*. Згодом його класифікацію переглянули й віднесли до роду *Limnatis* (Moken-Tandon, 1827). Однак американський зоолог П. Мур (Moore, 1927) вважав, що в Північній Африці живе справжня *L. nilotica*, а в Західній Азії трапляється інший вид – *Limnatis paluda* (Tennent, 1859). Пізніше з використанням морфологічних і молекулярних методів кінських п'явок, які живуть на території Ізраїлю, Казахстану й Афганістану, класифікували як *L. paluda* (Phillips & Siddall, 2006; Nakano et al., 2015).

Досі бракувало генетичної характеристики кінських п'явок з північної Африки. Їх ніколи не досліджували за допомогою аналізу послідовностей ДНК. Два види – західноазійський *L. paluda* та північноафриканський *L. nilotica* – розрізняли лише з огляду на деякі морфологічні відмінності й географічне поширення.

Наші дослідження націлені на таксономічне визначення кінських п'явок, зібраних в Узбекистані й Азербайджані. Крім того, важливим завданням є з'ясування філогенетичних зв'язків північноафриканських і західноазійських п'явок роду *Limnatis* за допомогою молекулярних і морфологічних методів. Виявилось, що вони суттєво відрізняються за послідовностями мітохондріального гена *COI* і належать до різних видів – *L. nilotica* та *L. paluda*. Кінські п'явки з Центральної Азії, Кавказу й Близького Сходу генетично однорідні, що, найімовірніше, пояснюється швидким розширенням ареалу *L. paluda*, а також міграціями їхніх хазяїв. Філогенетичний аналіз показав, що популяції з Балканського півострова й Південної Африки належать до невизначених видів роду *Limnatis*, які потребують подальших досліджень.

**Шеремета Р., Жуленко В., Шидловський І.**

**ДО ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗИМОВОЇ ОРНІТОФАУНИ  
МІСЬКОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ М. ЖИДАЧІВ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: roksolana.sheremeta01@gmail.com*

**Sheremeta R., Zhulenko V., Shydlovskyy I.** ON THE CHARACTERISTICS OF WINTER AVIFAUNA OF URBAN AGGLOMERATION OF THE TOWN OF ZHYDACHIV. Researching of winter avifauna in areas that are directly affected by anthropogenization is necessary because the birds attract to human habitation in this time due to lack of food in the usual areas and attempt to take place with more comfortable temperature. This is first of all connected with air temperature, because temperature in the cities is a few tenths of a degree higher than in the suburbs.

Оскільки зимовій орнітофауні на території районних населених пунктів в Україні не було приділено достатньої уваги, ми вважаємо, що встановити якісний склад зимової орнітофауни міської агломерації на прикладі районного центру Жидачів, є актуальним. Місцем проведення досліджень ми обрали м. Жидачів та найближчі села, які й формують міську агломерацію. Серед них: села Бережниця, Заріччя, Заболотівці та ін. Переважаючим біотопом усієї території досліджень є сільськогосподарські угіддя.

Упродовж зимового періоду 2020/2021 рр. було прокладено 685 трансект ( $l=100$  м), загальна довжина яких становить 68,5 км. Завдяки цьому ми змогли простежити поширення різних видів птахів на досліджуваній території. За період досліджень виявлено 31 вид, з яких один – Сова довгохвоста (*Strix uralensis*) охороняється згідно з Червоною книгою України (2009), Бернською конвенцією та CITES. Птаха спостерігали на околицях м. Жидачів, біля водойми 21 лютого 2021 р. Серед нечисленних видів варто відзначити Яструба малого (*Accipiter nisus*), занесеного до міжнародних охоронних списків та Додатку II Бернської конвенції. В окремих біотопах, зокрема на р. Стрий, траплялися такі види: Лебідь шипун (*Cygnus olor*), Баклан великий (*Phalacrocorax carbo*) та Крижень (*Anas platyrhynchos*), що є птахами водного комплексу. Частка найчисленніших видів становить: Синиця велика (*Parus major*) – 31 %, Горобець польовий (*Passer montanus*) – 9,2 %, Горобець хатній (*Passer domesticus*) – 8,1 %.

Крім антропогенного ландшафту, на території міста Жидачів розташований і об'єкт природно-заповідного фонду, а саме – заказник місцевого значення «Базиївка». Тому, проведення нами орнітологічних досліджень має і природоохоронну мету, оскільки, у межах заказника трапляються такі види: Пугач звичайний (*Bubo bubo*) і Підорлик малий (*Aquila pomarina*), які включені до Червоної книги України. Під час досліджень на даній території нами відмічено 8 видів, найбільш численними з яких була Синиця велика (*Parus major*), а серед видів, які траплялися зрідка – Гаїчка болотяна (*Poecile palustris*), Сорока (*Pica pica*), Сойка (*Garrulus glandarius*).

Ми і надалі будемо займатися проведенням збору орнітологічних даних, що дадуть змогу оцінити динаміку чисельності тих чи інших зимуючих видів птахів на досліджуваних нами територіях. Можливо, наші дані будуть важливими для моніторингу вразливих видів.

**Шпичка І., Шпарик В.**

**АНАЛІЗ ПОШИРЕННЯ ФІТОПАТОГЕННИХ ЧУЖОРІДНИХ ІНВАЗІЙНИХ КОМАХ  
НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ**

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76000, Україна  
e-mail: iryna.shpichka@pnu.edu.ua*

**Shpichka I., Shparyk V.** ANALYSIS OF DISTRIBUTION OF ALIEN INVASIVE PATHOGENIC INSECT IN UKRAINE. The problem of biological invasions and invasive alien

species acquires relevance in Ukraine and around the world. Invasive species are species with a significant capacity for expansion that spread naturally or through humans. They represent a significant threat to the flora, fauna and natural ecosystems. The Convention on Biological Diversity defines 13 main mechanisms of impact of invasive alien species on the environment, among them a special place is occupied by phytophagy. Basic information about the biology, origin, pathways and time of entry of alien invasive species are important for assessing threats to their future performance.

Проблема біологічних інвазій та інвазійних чужорідних видів набуває актуальності як в Україні, так і в усьому світі. Адже інвазійні види – це види зі значною здатністю до експансії, що поширюються природним шляхом або за допомогою людини і становлять значну загрозу для флори, фауни та природних екосистем (Алещенко, 1994). Чужорідні інвазійні види витісняють місцеві види і з великою швидкістю можуть захоплювати нові території. Деякі дослідження вказують на те, що інвазії нових видів вселенців у антропогенно змінені ландшафти відбуваються частіше, ніж у природні непорушені екосистеми, які здатні формувати безліч біологічних бар'єрів (Шварц, 1993). В свою чергу, Міжнародний Союз Охорони Природи (IUCN) дає більш чітке визначення інвазійних чужорідних видів – це немісцеві види, інтродуковані навмисно або випадково за межами їхнього природного ареалу, де вони осіли, розмножуються й поширюються у способи, що завдають негативного впливу локальній біоті та навколишньому середовищу.

Конвенцією про біологічне різноманіття визначено 13 основних механізмів впливу інвазійних чужорідних видів на навколишнє середовище (Hagower та ін., 2018), серед них особливе місце займає фітофагія. Численні чужорідні види комах, багато з яких інтродуковані лише за останні 200 років, успішно вкорінилися в різних екосистемах Європи. На території ЄС вже присутні близько 1550 видів чужорідних безхребетних, 94 % з них членистоногі, а 90 % з них комахи. Більше половини чужорідних безхребетних є фітофагами (52 %), і 30 % із них вражають дерева та чагарники (Matošević, Živković, 2013).

Базова інформація про біологію, походження, шляхи та час проникнення чужорідних інвазійних видів є важливими для оцінки загроз їхньої майбутньої діяльності. Перша вимога під час оцінки впливу чужорідних інвазійних видів на екосистеми полягає у проведенні інвентаризації чужорідних видів території країни. Такі дослідження необхідні, щоб оцінити, які таксономічні чи біоекологічні групи чужорідних комах є найбільш успішними вселенцями, шкідливими для довкілля й економіки країни. Такі дослідження дадуть змогу проаналізувати шляхи проникнення видів вселенців та проводити ефективний менеджмент з метою запобігання проникненню нових видів.

Станом на 2021 рік в Україні немає сучасного переліку інвазійних чужорідних видів комах-фітофагів. Метою нашої роботи було встановити та проаналізувати перелік відомих чужорідних комах, які чинять прямиий патогенний вплив на рослинні організми.

У результаті проведеного аналізу літературних даних і національних баз біорізноманіття на території України виявлено 56 видів фітопатогенних чужорідних інвазійних комах. Встановлено такий таксономічний розподіл видів: ряд Coleoptera – 50 % від знайдених видів, ряд Lepidoptera – 26,5 %, Heteroptera – 12,5 % та Diptera – 11 %.

**Яців Г., Стахів В.**

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШИРЕНOSTІ ГЕЛЬМІНТОЗНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ СЕРЕД НАСЕЛЕННЯ МІСТА ДРОГОБИЧА ТА ДРОГОБИЦЬКОГО РАЙОНУ

*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка*

*вул. Шевченка, 23, м. Дрогобич, 82100, Україна*

*e-mail: vasylstakhiv@ukr.net*

**Yatsiv H., Stakhiv V.** STUDY OF THE HELMINTHIC DISEASES PREVALENCE AMONG THE POPULATION OF DROHOBYCH AND DROHOBYCH DISTRICT. Covered the study of helminthic diseases among the population of Drohobych and Drohobych district,

which were carried out during the period of 2017-2019 calendar year based on the Municipal Non-Profit Enterprise «Drohobych City Polyclinic» of Drohobych City Council (clinical diagnostic laboratory).

Протягом останніх років в Україні досить вагомо зросла паразитологічна захворюваність серед населення. Приблизно щорічно реєструється до 0,5 млн осіб, фіксується більше 30 нозологічних форм. Найпоширенішими серед населення є ентеробіоз, аскаридоз, гіменолепідоз, трапляються теніоз, теніаринхоз, ехінококоз, амєбіаз, лямбліоз (Пішак, 2003). На сьогоднішній день вагомого значення набувають лабораторне дослідження хворих і діагностування паразитарних захворювань.

Зауважимо, що об'єктом нашого дослідження було населення міста Дрогобича та Дрогобицького району. Матеріал збирали і опрацьовували протягом періоду 2017–2019 рр. Дослідження випорожнень проводили такими методами: метод нативного мазка, товстий мазок за методом Като, метод Телемана, методи збагачення Фюллеборна, метод виявлення яєць гельмінтів у перианальних реактивних зіскобах за допомогою дерев'яних шпательів або сірника (Пішак, 1996, Саляк 2001).

Усього за 3 роки з 2017 по 2019 проведено 387 978 загально клінічних досліджень. Із числа загально клінічних досліджень паразитологічних аналізів виконано: у 2017 р. – 12 755, у 2018 р. – 12 299, у 2019 р. – 10 517. Співвідношення паразитологічних, загально-клінічних досліджень до загальної кількості аналізів упродовж 2017-2019 рр. були приблизно однакові. Необхідно відмітити, що проведення загальних аналізів у 2017-2019 рр. практично було на однаковому рівні. Варто відзначити, що кількість проведених досліджень за звітний період зменшилась, особливо у 2019 р. порівняно з попередніми 2017-2018 рр. відповідно на 2258 і 1782.

Інвазованість населення гельмінтозними захворюваннями (аскаридоз, ентеробіоз, трихоцефальоз) у розрізі контингентів (дитяче і доросле населення) за звітний період – 2017 – 2019 рр. – становила: у 2017 р. – 418, 2018 р. – 387, 2019 – 391.

Аналізуючи дані, необхідно відзначити, що на аскаридоз у 2017 р. з числа дорослого населення захворіли – 25 осіб, що становило 6,3 %, із дітей до 17 років 375 осіб (93,7 %). У 2018 році на аскаридоз доросле населення захворіло – 18 осіб (4,7 %), із дітей до 17 років – 361 (95,3 %). Протягом зазначеного періоду найменше захворіли на аскаридоз у 2019 р. з числа дорослого населення – 9 осіб (3,2 %), із дітей – 274 (96,8 %).

Протягом вказаного періоду на ентеробіоз захворіли виключно діти до 17 річного віку, а саме у 2017 р. – 18 осіб, у 2018 і 2019 рр. – 8, що становило 100 %. На захворювання трихоцефальоз протягом 2017-2019 рр. не було хворих серед дорослого населення, ні серед дітей.

### Aleksandrowicz O.

#### *AGONUM HYPOCRITA* (APFELBECK, 1904) (COLEOPTERA, CARABIDAE) IS A RELICT GROUND BEETLE SPECIES IN THE POLESIE BOGS

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Slupsk, Poland  
22b, Arciszewski Str., 76-200 Slupsk, Poland  
e-mail: oleg.aleksandrowicz@apsl.edu.pl*

The modern range of *Agonum hypocrita* covers the forest zone of Eurasia from west to east from the Atlantic to the Amur, and from north to south from Finnish Lapland to the north of the Balkans (Schmidt, 1994).

Such a vast area does not correlate with the few findings. The species is known from few places, its habitats are local. In most countries, it is considered rare or very rare.

Registration of *Agonum hypocrita* (listed for Ukraine in the catalog of beetles of the Palaearctic region) in Transcarpathia and Precarpathia requires confirmation (Пучков, 2013).

The study of the distribution of this species is complicated by the difficulties of species identification. Reliable identification is possible only by the structure of the copulatory apparatus of males.

According to our data, *Agonum hypocrita* is a stenobiotic hygrophilous inhabitant of carbonate swamps. In Belarus and Poland, it occurs on the border area in carbonate swamps in the Bug and Pripyat basins. *Agonum hypocrita* is a dominant species at the swamp massifs Zvanets, Olmanskіe and Sporovskіe (Belarus).

Such rare stenobiont hygrophils species in the rest of the territory are numerous in these bogs: *Carabus menetriesi* Hummel, 1827, *Carabus clathratus* Linnaeus, 1761, *Chlaenius costulatus* Motschulsky, 1859, *Chlaenius sulcicollis* (Paykull, 1798), *Chlaenius quadrisulcatus* (1798) and *Pterostichus aterrimus* (Herbst, 1784). All these species have almost identical Euro-Siberian areals, and all of them are most often found in carbonate swamps. Their preferred food are the snails (Gastropoda terrestria) (Крыжановский 1983, Пучков 2013a).

These swamps are inhabited by a very rare and protected bird species - aquatic warbler ((*Acrocephalus paludicola* (Vieillot, 1817))). Aquatic warbler has a similar type of geographical range, but its distribution is limited to eastern Europe, the Balkans and western Siberia.

It is highly probable that this faunal complex, including aquatic warbler and hygrophilous ground beetle species, is a relic of the Preboreal Holocene or the Late Dryassian of the Pleistocene.

The carbonate swamps inhabited by the aquatic warbler in Belarus and Poland are protected as reserves or National Parks.

The modern distribution and high abundance of *Agonum hypocrita* and other Euro-Siberian ground beetle species in carbonate swamps can be an indicator for the possibility of targeted reintroduction of aquatic warbler.

**Kazimierzak M., Hetmański T.**

#### OCCURRENCE OF THE NORTHERN WHITE-BREADED HEDGEHOG AND THE EUROPEAN HEDGEHOG IN POMERANIAN PROVINCE, NORTHERN POLAND

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk  
22b, Arciszewskiego Str., 76-200 Słupsk, Poland  
e-mail: malgorzatkazimierzak@wp.pl*

Representatives of insectivorous mammals from the family Erinaceidae occur in Europe and at the Euro-Asian boundary. These include the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*), the northern white-breasted hedgehog (*Erinaceus roumanicus*), the southern white-breasted hedgehog (*Erinaceus concolor*), and the Amur hedgehog (*Erinaceus amurensis*). Two hedgehog species, i.e. the northern white-breasted hedgehog and the European hedgehog, can be encountered in Poland. The ranges of these mammals may change due to climate change. There is very little information about the occurrence of hedgehogs especially in the northern regions of Poland. There have been no attempts at the determination of the sympatricity of these species in their occurrence range. The aim of the investigations conducted in 2014-2017 was to provide information on the occurrence of hedgehogs in Pomeranian Province (northern Poland).

The distribution ranges of the northern white-breasted hedgehog and the European hedgehog divide Europe into two parts. The former species inhabits Central and Eastern Europe: Belarus, Ukraine, Russia, Western Siberia, and the North Caucasus (Pucek, 1984). The European hedgehog lives in areas spreading from Asia Minor to the South Caucasus, the British Isles, the Iberian Peninsula, the southern part of the Scandinavian Peninsula, and the north-west part of Russia (Pucek, 1984). At the end of the 19<sup>th</sup> century, the European hedgehog was introduced to New Zealand (Reeve, 1994; Jones et al., 2005). The possibility of an encounter with the northern white-breasted hedgehog or the European hedgehog decreases towards the north of the continent (Kowalski et al., 1973, Serafiński and Wielgus-Serafińska, 1988).

The territory of Poland covers the border of the distribution ranges of the northern white-breasted hedgehog and the European hedgehog. The Odra River is the natural borderline between the areas of the occurrence of these two species in the country (Serafiński, 1956, Kawecki, 1976, Pucek, 1984). European hedgehogs live in the Western and Eastern Sudetes, Lower Silesia, Trzebnickie Hills, the western parts of the Greater Poland Lowlands, the Pomeranian Lake District, and the Baltic Coast (Usedom). In turn, northern white-breasted hedgehogs inhabit the areas east of the Oder River (Pucek, 1984). Pomerania is mainly inhabited by the northern white-breasted hedgehog, whereas the European hedgehog is very rarely identified here (atlas of mammals of the Institute of Nature Conservation in Kraków).

The field observations were carried out in the evening, night, and morning hours. Hedgehogs that were found alive and dead on roads were registered. Each individual was photographed and the place of the encounter was recorded. The species of both alive and dead hedgehogs were identified based on morphological characteristics. Each specimen was carefully photographed, and the photographs and DNA material were sent to the Department of Systematic Zoology at the Adam Mickiewicz University in Poznań to confirm the identification.

During the three seasons in 2014-2017, 73 hedgehogs were observed in 37 towns of Pomeranian Province. The species was identified in 43 individuals, with 38 classified as northern white-breasted hedgehogs (88.4% of all individuals) and 5 animals (11.6%) were European hedgehogs. During the four-year study, three new localities of the European hedgehog in Pomeranian Province were discovered (Niepoczołowice 54°26'10"N 17°53'03"E, Choczewo 54°44'24"N 17°53'29"E, Gdynia 54°31'09"N 18°32'22"E).

Summing up, both hedgehog species were found in the study area, but most individuals were identified as the northern white-breasted hedgehog. The study confirmed the dominance of this species in Pomerania. Additionally, the European hedgehog was found to expand its distribution range and inhabit areas that were previously occupied by the northern white-breasted hedgehog. The investigations should be continued to collect a larger database and analyze the available material.

**МОЛЕКУЛЯРНА ТА КЛІТИННА БІОЛОГІЯ**  
**MOLECULAR AND CELL BIOLOGY****Груба О.<sup>1,2</sup>, Біда Д.<sup>1</sup>, Матійців Н.<sup>1</sup>, Стасик О. В.<sup>2</sup>, Стасик О. Г.<sup>1,2</sup>****ВПЛИВ СПЕРМІДИНУ НА ПРОЦЕСИ АВТОФАГІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ  
АЛЬФА-СИНУКЛЕЇНУ ЛЮДИНИ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ  
МОДЕЛІ ХВОРОБИ ПАРКІНСОНА**<sup>1</sup>-Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>-Інститут біології клітини НАН України

вул. Драгоманова, 14/16, м. Львів, 79005, Україна

e-mail: olenater3@gmail.com

**Hruba O.<sup>1,2</sup>, Bida D.<sup>1</sup>, Matiytsiv N.<sup>1</sup>, Stasyk O. V.<sup>2</sup>, Stasyk O. G.<sup>1,2</sup>** INFLUENCE OF SPERMIDINE ON THE PROCESSES OF AUTOPHAGIC DEGRADATION OF HUMAN ALPHA-SYNUCLEIN IN AN EXPERIMENTAL MODEL OF PARKINSON'S DISEASE. The purpose of our study was to identify the possibility of using spermidine as an inducer of autophagic degradation of human recombinant alpha-synuclein in *Ogataea polymorpha* model strain and as cell protector under the stress conditions. The recombinant strains of *O. polymorpha*, which constitutively express human alpha-synuclein gene (the main trigger of neurodegenerative Parkinson's disease) conjugated with gene of green fluorescent protein (for protein visualization in model cells by fluorescent microscopy), were used in the work. Using Western-blot analysis and fluorescence microscopy it was shown that spermidine contributes to the partial degradation of alpha-synuclein in the model yeast strain.

Відомо, що однією з причин хвороби Паркінсона (ХП) є неправильний фолдинг і накопичення агрегатів альфа-синуклеїну, що, зазвичай, відоме як синуклеїнопатія. Також встановлено, що альфа-синуклеїн діє на пресинаптичні терміналі та регулює передачу синаптичного сигналу. Тож на сьогодні вважається, що цей білок відіграє важливу роль у регуляції процесу доставки та вивільнення нейромедіаторів (у тому числі дофаміну) в синаптичну щілину. Перетворення розчинних мономерів альфа-синуклеїну на нерозчинні агрегати є основою для формування тілець Леві у разі ХП та інших синуклеїнопатій. Як наслідок, це призводить до відмирання нейронів центральної нервової системи. Механізми білкового гомеостазу нейронів, до яких належать протеасомний та автофагійний шляхи деградації, цілком можуть відіграти ключову роль у підтриманні “нетоксичних” рівнів альфа-синуклеїну.

Метою нашого дослідження було перевірити можливість використання спермідину як індуктора автофагійної деградації людського рекомбінантного альфа-синуклеїну в моделі штаму *O. polymorpha*. У роботі були використані ауксотрофні за аргініном модельні штами *O. polymorpha*, які конститутивно експресують людський ген альфа-синуклеїну, кон'югований з геном зеленого флюоресцентного білка. Для індукції автофагійної деградації гетерологічного альфа-синуклеїну в культуральне середовище вносили спермідин, який відіграє захисну роль під час деяких порушень. За допомогою Вестерн-блот аналізу та флюоресцентної мікроскопії було досліджено часозалежний вміст альфа-синуклеїну та морфологію клітин модельного штаму за умов культивування на середовищах із різним вмістом спермідину. Було з'ясовано, що спермідин має дозозалежний протекторний ефект і сприяє деградації людського альфа-синуклеїну в клітинах модельного штаму дріжджів.

**Матис І.<sup>1,2</sup>, Шкіль Р.<sup>1,2</sup>, Грушаник Н.<sup>1,2</sup>, Стасик О. В.<sup>2</sup>, Стасик О. Г.<sup>1,2</sup>**

**ВПЛИВ СПЕРМІДИНУ НА РЕДОКС-БАЛАНС  
В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ МОДЕЛІ ХВОРОБИ ПАРКІНСОНА**

<sup>1</sup>-Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>-Інститут біології клітини НАН України

вул. Драгоманова, 14/16, м. Львів, 79005, Україна

e-mail: matys.iryana.16@gmail.com

**Matys I.<sup>1,2</sup>, Shkil R.<sup>1,2</sup>, Hrushanyk N.<sup>1,2</sup>, Stasyk O.<sup>2</sup>, Stasyk O.<sup>1,2</sup>. EFFECT OF SPERMIDINE ON REDOX BALANCE IN AN EXPERIMENTAL MODEL OF PARKINSON'S DISEASE.** The aim of the study was to analyse the effects of exogenous spermidine (in different concentrations) on the prooxidant-antioxidant balance of *Ogataea polymorpha* yeast model strain, constitutively expressed human alpha-synuclein.

Одним із ключових токсичних факторів етіології хвороби Паркінсона вважається білок  $\alpha$ -синуклеїн. Вторинна структура цього білка порушується у разі захворювання, що індукує формування цитоплазматичних нейрональних включень – тілець Леві. Індукувати процес агрегації  $\alpha$ -синуклеїну можуть вільні радикали, які постійно утворюються внаслідок порушення роботи мітохондріального дихального ланцюга.

Метою нашого дослідження було проаналізувати вплив різних концентрацій спермідину на прооксидантно-антиоксидантний баланс клітин модельного штаму дріжджів *O. polymorpha*, в якого конститутивно експресується ген альфа-синуклеїну людини, кон'югований із геном зеленого флюоресцентного білка. Аналіз здійснювали у двох часових точках (15 і 40 год), які відповідали ранній і пізній логарифмічній фазі росту культури.

Раніше було встановлено, що дефіцит глюкози в культуральному середовищі спричиняє стресовий стан у клітин *O. polymorpha* й індукує специфічну клітинну відповідь. Наприклад, низька концентрація глюкози (0,1% порівнюючи з 1%, що вважається оптимальною) обмежує ріст культури та спричинює надпродукцію активних форм кисню (АФО) у клітинах *O. polymorpha*. Тому для моделювання оксидативного стресу було обрано ці умови культивування клітин. Спермідин використали як сполуку, що потенційно модулює прооксидантно-антиоксидантний баланс і таким чином протидіє негативним ефектам дефіциту глюкози у клітинах дріжджів.

За допомогою флюоресцентного барвника 2',7'-дихлорфлуоресцеїну діацетату було якісно оцінено наявність АФО та виявлено, що у разі додавання спермідину (0,5 мМ, 1 мМ та 2 мМ) до середовища вміст АФО зменшувався, порівняно з клітинами, культивованими за дефіциту глюкози.

Рівень карбонільних груп і ТБК-позитивних продуктів на 15-ти год культивування вагомо не відрізнявся у клітин обох штамів, культивованих на середовищі з 0,1% глюкози та різними концентраціями спермідину. На 40-ву год культивування виявлено, що додавання 1 мМ спермідину у середовище чинило захисну дію на клітини *O. polymorpha* та зменшувало вміст продуктів окисної модифікації білків. Крім цього, активність каталази на 40-ву год культивування зростала за збільшення концентрації спермідину в середовищі (від 0,5 мМ до 2 мМ). Рівень відновленого глутатіону у клітин, культивованих на середовищах із додаванням спермідину в концентраціях (0,5 мМ, 1 мМ та 2 мМ), був вищим порівняно з клітинами, культивованими на середовищі з 0,1 % глюкози, протягом всього часу культивування.

Таким чином, встановлено, що додавання спермідину до ростового середовища зміщувало рівновагу у бік активації системи антиоксидантного захисту і сприяло зменшенню вмісту АФО у клітинах модельного штаму дріжджів *O. polymorpha*.

**Немеш К.<sup>1,2</sup>, Немеш Я.<sup>2</sup>, Ардан Т.<sup>2</sup>**

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРВИННО-ТРИПСИНІЗОВАНОЇ КУЛЬТУРИ КЛІТИН  
ПІГМЕНТНОГО ЕПІТЕЛІЮ СІТКІВКИ, КУЛЬТИВОВАНОЇ  
НА НАНОВОЛОКНИСТИХ МЕМБРАНАХ**

<sup>1</sup> Навчально-науковий центр "Інститут біології та медицини"

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

просп. Академіка Глушкова, 2, м. Київ, 03022, Україна

<sup>2</sup> Institute of Animal Physiology and Genetics CAS

89, Rumburska Str., Libechov, 27721, Czech Republic

e-mail: katerina.nemesh@gmail.com

**Nemesh K., Nemesh Y., Ardan T.** CHARACTERIZATION OF THE PRIMARY RETINAL PIGMENT EPITHELIAL CELLS CULTIVATED ON THE NANOFIBROUS MEMBRANES. Retinal pigment epithelial (RPE) cells play a crucial role in photoreceptor functionality. RPE cell functionality disorder leads to age-related macular degeneration (AMD). Nowadays there is no effective therapy against AMD, however, RPE transplantation may be the best option for vision preservation. Hence, we cultivated primary porcine RPE cells on the biocompatible nanofibrous polylactide membranes to prepare them for transplantation. Additionally, we characterized their functionality with immunofluorescent staining of RPE cell-specific markers (Na/K-ATP, BEST1, tubulin, MCT1, ezrin, RPE65, and ZO1) and assessed their phagocytic activity. During experiments, we revealed that cultivated RPE cells were mature and functionally active to be transplanted.

Клітини пігментного епітелію сітківки контактують із зовнішніми сегментами фоторецепторів і відіграють ключову роль у підтримці їхньої функціональності. Дисфункція клітин пігментного епітелію призводить до порушення функціонування фоторецепторів з подальшим розвитком вікової макулодистрофії (Ramsden, 2013). Вікова макулодистрофія (ВМД) – це захворювання, що характеризується руйнуванням жовтої плями сітківки, викликаючи прогресуючу втрату центрального зору (Mitchell, 2018). На сьогодні у світі 200 мільйонів людей із ВМД (Wong, 2014). Наразі немає ефективних методів лікування хвороби, але проводяться експерименти із трансплантації клітин пігментного епітелію сітківки у субретинальний простір для відновлення функціонування фоторецепторів з подальшим поверненням зору.

Метою нашої роботи було культивувати клітини пігментного епітелію сітківки на нановолокнистих біосумісних полілактидних мембранах і перевірити функціональну активність клітин для подальшої трансплантації. Первинно-трипсинізовані клітини виділяли із кадаверних очей *Sus scrofa* за загальноприйнятою методикою. Суспензію клітин висівали на культуральні планшети та культивували протягом 2 місяців для набуття клітинами пігментації та гексогональної форми, потім пересівали на нановолокнисті полілактидні мембрани та культивували протягом 2 тижнів. Контрольну групу клітин культивували на синтетичних поліестерових мембранах Transwell® Corning®. Після цього клітини ідентифікували методом флюоресцентної імуноцитохімії за маркерами, характерними для клітин пігментного епітелію сітківки: Na/K-ATP, BEST1, тубулін, MCT1, ezrin, RPE65 та ZO1. Також було проведено аналіз на здатність клітин до фагоцитозу, використовуючи pHrodo™ Red *E. coli* BioParticles™. Сигнал флюоресценції детектували за допомогою конфокального мікроскопу Leica SP5.

Протягом культивування клітини набули гексогональної форми та стали пігментованими, також спостерігали підвищений імунофлюоресцентний сигнал Na/K-ATP, BEST1, тубуліну, MCT1, RPE65 та ZO1 порівнянно із контрольною групою. Результати конфокальної мікроскопії показали високий вміст фагоцитованих частинок у

цитоплазмі клітин вже після першої години інкубації як у дослідній, так і в контрольній групі. За результатами експерименту виявлено, що клітини пігментного епітелію сітківки, культивовані на нановолокнистих мембранах, зрілі та функціонально активні й можуть бути використані для трансплантації.

**Пахаренко М.**

**МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ГЕМОПОЕТИЧНИХ  
КЛІТИН-ПОПЕРЕДНИКІВ ХВОРИХ НА МІЕЛОДИСПЛАСТИЧНИЙ СИНДРОМ  
ТА ГОСТРУ МІЕЛОЇДНУ ЛЕЙКЕМІЮ У КУЛЬТУРІ КЛІТИН *IN VITRO***

*Національний університет «Києво-Могилянська академія»*

*вул. Г. Сковороди, 2, м. Київ, 04070, Україна*

*e-mail: margaret.pakharenko@gmail.com*

**Pakharenko M.** MORPHOFUNCTIONAL FEATURES OF HEMATOPOIETIC PROGENITOR CELLS IN PATIENTS WITH MYELODYSPLASTIC SYNDROME AND ACUTE MYELOID LEUKEMIA IN CELL CULTURE *IN VITRO*. Myelodysplastic syndrome (MDS) belongs to a group of heterogeneous diseases based on hematopoietic stem cell lesions. Often this pathology is accompanied by transformation into acute myeloid leukemia (AML). Bone marrow samples from 10 patients with MDS and 6 patients with AML were examined and cultured for 14 days at the conditions of absolute humidity, 5 % CO<sub>2</sub> and 37 °C. The study suggested that the lack of colony-forming ability of bone marrow progenitor cells in patients with MDS is an unfavorable sign and may precede the transformation of the disease into acute myeloid leukemia.

Мієлодиспластичний синдром (МДС) належить до групи гетерогенних захворювань, в основі яких лежить ураження гемопоетичної стовбурової клітини. Нерідко така патологія супроводжується трансформацією у гостру мієлоїдну лейкемію (ГМЛ). Метою роботи було визначити морфофункціональні особливості клітин-попередників кісткового мозку пацієнтів з МДС та ГМЛ, порівняно з контролем, у культурі з напіврідкого агару *in vitro*.

Досліджували зразки кісткового мозку 10 пацієнтів з МДС та 6 пацієнтів з ГМЛ. Зразки розділяли у градієнті щільності Nystoraque (1,077 г/мл) (Sigma, США), трикратно відмивали у PBS (Sigma, США) та культивували у середовищі DMEM (Sigma, США) з додаванням 20 % FBS (Sigma, США), 1 % антибіотиків (пеніцилін/стрептоміцин) і L-глутаміну (Gibco, США), 3,3% агару (Difco, США) та 50 нг/мл гранулоцитарно-макрофагального колонієстимулюючого фактора (PeproTech, США) протягом 14 діб за умов абсолютної вологості, 5 % CO<sub>2</sub> та 37 °C. Як контроль досліджували зразки кісткового мозку, отримані з фрагментів ребер, вилучених під час операції торакотомії. Отримані клітинні агрегати аналізували під інвертованим мікроскопом (Olympus CK-2, Японія) та забарвлювали за Паппенгеймом.

Було встановлено, що клітини-попередники кісткового мозку пацієнтів з МДС мають знижену здатність до колоніє- та кластероутворення – 3,0±0,6 та 5,3±1,2 на 1х10<sup>5</sup> експлантованих клітин, відповідно, порівнюючи з контролем, де ефективність колонієутворення дорівнювала 38,1±2,3 та 65,3±1,5 на 1х10<sup>5</sup> експлантованих клітин, відповідно. Зразки кісткового мозку пацієнтів з ГМЛ не формували колоній і характеризувалися низькою здатністю до кластероутворення – 3,2±1,1 на 1х10<sup>5</sup> експлантованих клітин, при цьому утворені клітинні агрегати були представлені малими (3-20 клітин) та великими (20-29 клітин) кластерами. Також виявлено, що у половини зразків кісткового мозку пацієнтів з МДС (n=5) відсутня колонієутворююча активність, що в подальшому передувало трансформації мієлодиспластичного синдрому у гостру мієлоїдну лейкемію. Отже, можна припустити, що відсутня здатність до колонієутворення клітин-попередників кісткового мозку пацієнтів з МДС є несприятливою ознакою і може передувати трансформації захворювання у гостру мієлоїдну лейкемію.

**Распопіна А.<sup>1</sup>, Фінюк Н.<sup>1,2</sup>, Мітіна Н.<sup>3</sup>, Остап'юк Ю.<sup>1</sup>, Обушак М.<sup>1</sup>,  
Заїченко О.<sup>3</sup>, Бабський А.<sup>1</sup>, Стойка Р.<sup>1,2</sup>**

**ВПЛИВ ПОХІДНОГО ТІАЗОЛУ ТА ЙОГО КОМПЛЕКСІВ З ПОЛІМЕРНИМИ  
НОСІЯМИ НА НАТИВНІСТЬ ДНК ПУХЛИННИХ КЛІТИН *IN VITRO***

<sup>1</sup> Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Університетська, 1, м. Львів, 79000, Україна

<sup>2</sup> Інститут біології клітини НАН України

вул. Драгоманова, 14/16, м. Львів, 79005, Україна

<sup>3</sup> Національний університет "Львівська Політехніка"

Інститут хімії та хімічних технологій

пл. Святого Юра, 9, Львів, 79013, Україна

e-mail: Anastasiia.Raspopina@lnu.edu.ua

**Raspopina A., Finiuk N., Mitina N., Ostapiuk Yu., Obushak M., Zaichenko O., Bab-sky A., Stoika R.** IMPACT IN VITRO OF THIAZOLE DERIVATIVE AND ITS COMPLEXES WITH POLYMERIC CARRIERS ON NATIVITY OF DNA IN TUMOR CELLS. The develop-ment of biocompatible multifunctional polymeric drug carriers is a crucial in modern pharmaceu-tics. Synthesized complexes of BF1 with polymeric carriers showed higher cytotoxicity toward HL-60 human leukemia cells, HepG2 human hepatocellular, a MDA231 human breast carcinoma cells compared with such effect of free thiazole derivatives BF1 or/and doxorubicin. BF1, poly-meric carriers, and complexes of BF1 with polymers did not intercalate into the structure of DNA and bind with this molecule. The BF1 and its complexes cause the formation of single-strand breaks and fragmentation in DNA of tumor cells.

Головними проблемами сучасної хіміотерапії є недостатня ефективність протипухлинних препаратів, низька селективність їхньої дії, розвиток множинної медикаментозної резистентності й низька розчинність багатьох протипухлинних чинників у воді. Одним із шляхів вирішення цих недоліків є використання полімерних носіїв ліків.

Метою представленої роботи було дослідити протипухлинну дію похідного тіазолу (N-(5-бензил-1,3-тіазол-2-іл)-3,5-диметил-1-бензофуран-2-карбоксаміду (БФ1) в комплексі з полімерними носіями полі(БЕП-ко-ГМА)-*графт*-мПЕГ (Т2), полі(ПЕГМА) (Т4) і полі(ПЕГМА-ко-ДММ) (Т6). Дослідження цитотоксичності речовин проводили на пухлинних клітинах різного тканинного походження (HepG2 гепатокарциноми людини, HL-60 промієлоцитарного лейкозу людини, MDA231 карциноми молочної залози людини і псевдо-нормальних клітинах (кератиноцити людини лінії HaCaT) за допомогою МТТ-тесту. Здатність речовин впливати на нативність ДНК визначали за допомогою методу з ДНК-группним барвником метиловим зеленим, електрофорезу ДНК в агарозному гелі, ДНК-комет аналізу за лужних умов і методу Бартона з дифеніламіном.

Встановлено, що комплекси похідного тіазолу Т2, Т4, Т6 були більш токсичними, ніж вільний БФ-1 для клітин лінії MDA231. Комплекси Т2 і Т4 мали більшу токсичність щодо клітин лінії HepG2 і HL-60, ніж речовина БФ-1. Натомість БФ1, полімери, а також їхні комплекси не були токсичними щодо кератиноцитів людини лінії HaCaT і не досягали рівня  $IC_{50}$  за концентрації досліджуваної речовини 50 мкМ. БФ-1, його комплекси Т2, Т4, Т6, полімери Т1, Т3, Т5 не інтеркалювали у структуру ДНК. БФ-1, його комплекси, а також полімери не спричиняли сповільнення електрофоретичного руху плазмідної ДНК pEGFPc-1. Це означає, що досліджувані речовини не взаємодіють з ДНК. БФ-1 та його комплекси індукували одностанкові розриви і фрагментацію ДНК у клітинах лінії MDA-MB-231.

Підсумовуючи, синтезовані комплекси БФ1 з полімерними носіями мають вищу цитотоксичність щодо пухлинних клітин ліній HepG2, HL-60, MDA231 порівняно з ефектами вільного похідного тіазолу БФ1. БФ1, його комплекси Т2, Т4, Т6, не інтеркалюють

у структуру ДНК та не взаємодіють з цією молекулою, проте вони зумовлюють односторонню розриви ДНК та фрагментацією ДНК у пухлинних клітинах.

Робота виконана за фінансової підтримки грантів Міністерства освіти України (проект № 0119U002201) та Національного фонду досліджень України (проект № 2020.01/0166).

**Романов С., Семків М.**

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПОЗИТИВНОЇ СЕЛЕКЦІЇ ДРІЖДЖІВ  
*OGATAEA POLYMORPHA* ЗІ ЗМІНЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ АЛКОГОЛЬНОЇ  
ФЕРМЕНТАЦІЇ КСИЛОЗИ НА ОСНОВІ ЕТАНОЛ-ІНДУКОВАНОГО  
ПРОМОТОРА ГЕНА *ALCA ASPERGILLUS NIDULANS*

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: sergij8romchyk@gmail.com

**Romanov S., Semkiv M.** DEVELOPMENT OF THE SYSTEM FOR POSITIVE SELECTION OF *OGATAEA POLYMORPHA* STRAINS WITH CHANGED PARAMETERS OF ALCOHOLIC FERMENTATION OF XYLOSE BASED ON ETHANOL-INDUCIBLE PROMOTER OF THE GENE *alcA ASPERGILLUS NIDULANS*. Ethanol production from lignocellulose biomass is considered as one of the most prospective ways to gain second generation biofuel. The major component of hydrolyzed lignocellulose biomass is glucose, which can be easily converted to ethanol by conventional yeast *Saccharomyces cerevisiae*. However, the other abundant monosaccharide, xylose, can be fermented by few yeast species including methylotrophic thermotolerant yeast *Ogataea polymorpha*. We developed system for positive selection of *O. polymorpha* strains with improved parameters of xylose fermentation based on ethanol-inducible promoter *AlcA* and corresponding transcription factor *AlcR* from *Aspergillus nidulans*. Using this system, we obtained insertional mutant with improved growth on xylose but not on glucose. Integration of the insertion cassette occurred in the ORF of the gene encoding glucose sensor/transporter.

Продукція етанолу із лігноцелюлозної біомаси вважається одним із найперспективніших способів отримання біопалива другого покоління. Конверсія лігноцелюлозної біомаси до етанолу здійснюється у два етапи: перший передбачає гідроліз полісахаридів до мономерів за допомогою ферментів чи кислот, на другому етапі відбувається зброджування моносахаридів дріжджами (An Tran, 2019). Основним моносахаридом у гідролізатах лігноцелюлозної біомаси є глюкоза, яку ефективно ферментують пекарські дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, проте вони не здатні засвоювати ксилозу – важливий компонент геміцелюлози. Метилотрофні термотолерантні дріжджі *Ogataea (Hansenula) polymorpha* здатні до росту на ксилозі, однак ефективність продукції етанолу з ксилози у цих дріжджів є низькою (Рябова, 2003).

Для отримання штамів *O. polymorpha* з підвищеною ефективністю продукції етанолу з ксилози було розроблено систему селекції на основі етанол-індукованого промотора гена *AlcA* та гена відповідного транскрипційного активатора *AlcR* з плісеневого гриба *Aspergillus nidulans*. Під контроль промотора *AlcA* було поміщено ген *kanMX4*, що забезпечує резистентність до антибіотика генетицину. Очікувалося, що рекомбінантні штами, які продукують більше етанолу з ксилози, краще будуть рости на середовищі з ксилозою та генетицином внаслідок індукції експресії гена *kanMX4* за наявності етанолу. В подальшому було проведено інсерційний мутагенез рекомбінантного штаму *O. polymorpha* з *AlcR/AlcA* системою за допомогою інсерційної касети *pPICZ-B*, що містить ген резистентності до антибіотика зеоцину. Інсерційні мутанти відбирали на середовищі, що містило ксилозу, генетицин і зеоцин. Один з отриманих штамів, X7, краще ріс на середовищі з ксилозою, однак не на середовищі з глюкозою. Також неочікувано цей штам значно повільніше утилізував як глюкозу, так і ксилозу, та продукував менші кількості етанолу під час ферментації цих

субстратів. Встановлено, що у штаму X7 інсерція плазміди pPICZ-B відбулася в межах відкритої рамки зчитування гена, що кодує глюкозний сенсор/транспортер. Роль цього гена в утилізації ксилози потребує подальшого дослідження.

**Сарай І.<sup>1,2</sup>, Нікітенко В.<sup>1,2</sup>, Стасик О. В.<sup>1</sup>, Стасик О. Г.<sup>1,2</sup>**

**ВПЛИВ РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ТРЕГАЛОЗИ НА ВМІСТ ГЕТЕРОЛОГІЧНОГО  
АЛЬФА-СИНУКЛЕЇНУ У КЛІТИНАХ МОДЕЛЬНОГО ШТАМУ  
ДРІЖДЖІВ *OGATAEA POLYMORPHA***

<sup>1</sup>- Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>- Інститут біології клітини НАН України

вул. Драгоманова, 14/16, м. Львів, 79005, Україна

e-mail: ivanna.a.sarai@gmail.com

**Sarai I.<sup>1,2</sup>, Nikitenko V.<sup>1,2</sup>, Stasyk O. V.<sup>2</sup>, Stasyk O. G.<sup>1,2</sup>. EFFECT OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF TREGALOSE ON ALPHA-SYNUCLEIN CONTENT IN THE CELLS OF *OGATAEA POLYMORPHA* MODEL YEAST STRAIN.** The aim of our research was to establish the effect of different concentrations of trehalose on the alpha-synuclein degradation in cells of a recombinant yeast strain *O. polymorpha*. Dose-dependent effect of trehalose on alpha-synuclein content and cell viability of the model strain was investigated using fluorescence microscopy and Western-blot analysis. It was found that trehalose, regardless of its concentration in the growth medium, contributed to the survival of *O. polymorpha* cells, which constitutively express human alpha-synuclein, and contributed to the reduction of recombinant protein by induction of autophagy.

Хвороба Паркінсона (ХП) – це невиліковне мультифакторне нейродегенеративне захворювання, яке супроводжується загибеллю нейронів чорної субстанції (*substantia nigra*). Точний механізм прогресування хвороби недостатньо вивчений. Ключовим фактором патогенезу ХП вважається білок альфа-синуклеїн, структура якого під час захворювання порушується, стає аморфною і непорядкованою, що призводить до утворення білкових агрегатів і нерозчинних філаментів (тілець Леві), а в подальшому – до загибелі нервових клітин центральної нервової системи. Тому можна припустити, що підвищення інтенсивності деградації аномальних форм альфа-синуклеїну, зокрема, шляхом автофагії, може сприяти зниженню їхньої токсичності.

Метою нашого дослідження було проаналізувати вплив різних концентрацій трегалози на вміст альфа-синуклеїну у клітинах модельного штаму дріжджів *O. polymorpha*, які конститутивно експресують людський ген альфа-синуклеїну, кон'югований з геном зеленого флюоресцентного білка (*yEGFP*). Вважається, що трегалоза може пришвидшувати кліренс аномальних форм альфа-синуклеїну завдяки своїй здатності індукувати автофагію. Клітини модельного штаму культивували в середовищі з концентрацією трегалози 0, 1; 1 та 2 %. За допомогою флюоресцентної мікроскопії та Вестерн-блот аналізу досліджено вплив трегалози на деградацію альфа-синуклеїну та життєздатність клітин модельного штаму *O. polymorpha*. Встановлено, що трегалоза незалежно від її концентрації, в ростовому середовищі сприяла деградації рекомбінантного альфа-синуклеїну, проте рівень деградації був незначним. Також з'ясовано, що різні концентрації трегалози в культуральному середовищі підвищували проліферативну активність клітин модельного штаму дріжджів і знижували відсоток мертвих клітин у культурі впродовж тривалого культивування. Можна зробити висновок, що трегалоза незалежно від концентрації в ростовому середовищі сприяла виживанню клітин *O. polymorpha*, які конститутивно експресують людський альфа-синуклеїн, і зумовлювала зниження вмісту рекомбінантного білка шляхом індукції автофагії.

**Kolesnikova A., Kovalevska L., Zadvornyi T., Lukianova N., Kashuba E.**

EXPRESSION PATTERN OF THE *UCKL1*, *AIP* *PKN1* AND *MRPS18* FAMILY GENES IN SERA OF PROSTATE CANCER PATIENTS, DEPENDING ON GLEASON SCORE

*RE Kavetsky Institute of Experimental pathology, oncology and radiobiology of NASU  
45, Vasylkivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine  
e-mail: agneshko24@gmail.com*

Prostate cancer is the malignancy of epithelial cells of a prostate gland. This form of epithelial tumors is one of the most frequently diagnosed cancer in men. Moreover, it takes second place for cancer-related death in men (Siegel R. et al, 2016). Earlier, we have shown that expression levels of *MRPS18-2* (-B) are very high in prostate tumor tissues (Mushtaq M. et al, 2018). It is also known that several genes, such as encoding the ETS family of transcription factors, C-MYC, *SPINK1*, *EZH2*, *PIM1*, and Hepsin are upregulated upon prostate tumor progression, while *FOXP3*, *GSTP1*, *NKX3-1*, and *PTEN-1* genes are downregulated or lost (Knudsen B., et al, 2010).

Under chemotherapy, the molecular profile of tumor is changing even more drastically, so the search for new molecular markers is an important and urgent task. As putative prognostic markers, the *MRPS18* family genes, and also *UCKL1*, *AIP* (*ARA9*, *Xap2*), and *PKN1* were chosen. These genes encode proteins involved in cell transformation, control on RNA synthesis, cellular localization of nuclear receptors, and kinase, respectively.

The purpose of this work was to determine the features of the expression of the abovementioned genes in the serum of patients with prostate cancer, depending on the Gleason score of the tumor. In the work, the serum samples from 34 patients with prostate cancer were studied; 7 patients had Gleason score <7, and 27 – 7 or higher. Cancer patients did not receive special treatment before surgery. These results were compared with those obtained from serum of 4 healthy donors. All experimental procedures were performed in accordance with the WMA Declaration of Helsinki “Ethical Principles of Medical Research Involving People”.

The relative expression levels were assessed, using q-PCR, using specific primers. A gene, encoding TATA-binding protein served as an internal control. Extracellular RNA was isolated from blood serum. qPCR reactions were performed in duplicates, at least two experiments per sample. For relative quantification, the comparative Ct ( $\Delta\Delta C_t$ ) method was used. GraphPad Prism software was used for nonparametric criteria. P-values <0.05 were considered statistically significant upon column analysis with an unpaired t-test.

We found that the samples with the higher Gleason score are characterized by an increase in expression of *UCKL1*, *AIP*, and *MRPS18*-family genes, compared with healthy donor samples. Thus, *UCKL1* was upregulated 13-20-fold, *AIP* – 70-85-fold, and *MRPS18C(-1)* – in 2.7-9-fold. *MRPS18A(-3)* and *MRPS18B(-2)* were not detected in sera of healthy donors. *MRPS18A(-3)* levels steadily elevated with a higher Gleason score, and *MRPS18B(-2)* were almost equally high in all tumors. *PKN1* expression was extremely low in normal sera and dramatically elevated in tumors with Gleason score <7. With an increase of Gleason score, the levels of *PKN1* dropped, as was observed for breast tumors.

Concluding, the assessment of expression levels of *UCKL1*, *AIP*, *MRPS18A(-3)*, and *MRPS18C(-1)* in sera of prostate cancer patients can be used as an additional criterion for the prognosis of the tumor progression. Of course, these are only preliminary results. It is necessary to perform similar study on a larger cohort, as well as to compare the gene expression in serum with an expression of the corresponding proteins in tumor tissues.

This work was supported by a research program of NASU “Molecular and biological factors of heterogeneity of malignant cells and variability of the clinical course of hormone-dependent tumors” for 2017-2021 (0117U002034) under the guidance of academician V. F. Chekhun.

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

**Відсанко А., Канецька А., Груна І., Комплікевич С., Мороз О.,  
Перетятко Т., Масловська О., Гнатущ С.**

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІЗОЛЯТА 17\_105, ВИДІЛЕНОГО  
З БІОТОПІВ АНТАРКТИКИ

*Львівський національний університет ім. Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: andriana.vidsanko13@gmail.com*

**Vidsanko A., Kanetska A., Hruna I., Komplikevych S., Moroz O., Peretyatko T. Maslovska O., Hnatush S.** PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF THE ISOLATE 17\_105 ISOLATED FROM THE BIOTOPES OF ANTARCTICA. The aim of this work was to investigate the physiological and biochemical properties of isolate 17\_105 isolated from a sample of moss soil from island Kruls, Antarctica.

Мікробіота Антарктики зазнає впливу широкого спектра фізико-хімічних факторів, які спричиняють значні адаптаційні зміни у метаболізмі мікроорганізмів. Дослідження фізіологічних та біохімічних властивостей стійких до дії важких металів штамів мікроорганізмів, які виділені із різних антарктичних зразків, є необхідним для розуміння адаптаційних механізмів бактерій до впливу екстремальних умов існування.

Метою роботи було дослідити фізіолого-біохімічні властивості ізолята 17\_105, виділеного зі зразка мохогрунту, відібраного на о. Крулс, Антарктика. Зразки отримано в українській антарктичній експедиції упродовж 2019 року. Потребу мікроорганізмів у кисні досліджували з використанням тьогліколевого середовища. Здатність фіксувати молекулярний азот досліджували на середовищі Ешбі. Амілолітичну активність досліджували на крохмало-аміачному середовищі, ліполітичну активність – на середовищі з твіном-20 (10 г/л) за здатністю утворювати кальцієві солі жирних кислот. Виявлення аміаку та сірководню за росту на триптон-соевому бульйоні (ТСБ) проводили з використанням лакмусового папірця та папірця з плюмбум ацетатом. Для визначення каталазної активності на колонію мікроорганізмів наносили 3 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Для виявлення оксидазної активності використовували смужки, які містили N,N-диметил-р-фенілендіамін оксалат і β-нафтол. Протеазну активність визначали за здатністю розріджувати желатин. Ензиматичні активності досліджували з використанням системи RapID ONE™. Для визначення здатності метаболізувати різні джерела Карбону використовували середовище Гісса. Нагромадження біомаси ізоляту 17\_105 за впливу купрум (II) хлориду (2–150 мМ), кадмій (II) хлориду (2–100 мкМ), калій біхромату (0,5–50 мМ), ферум (II) сульфату (0,5–20 мМ) досліджували у середовищі ТСБ. Біомасу за такого впливу визначали упродовж 8 діб турбідиметрично за довжини хвилі 320 нм.

Клітини ізоляту 17\_105 є грамнегативними рухомими паличками, спор не утворюють. Аероби. На середовищі TSA утворюють гладкі колонії бежевого кольору. Оптимальна температура росту +8...+28 °С. Оксидазо- і каталазопозитивні. Здатні фіксувати молекулярний азот. Виявляють протезну, ліпазну, амілазну, аргініндигідролазну, орнітіндекарбоксілазну, лізіндекарбоксілазну, амінопептидазну активності. Утворюють гідроген сульфід та виділяють аміак під час росту на ТСБ. Відновлюють нітрати. Як джерело Карбону ізолят 17\_105 метаболізує дульцит, сахарозу, інозит, сорбіт, мальтозу, манозу, рамнозу та лактозу без утворення кислоти. Ізолят 17\_105 виявився стійким до впливу 2, 5, та 10 мкМ кадмій хлориду, 0,5–1 мМ ферум (II) сульфату, 0,25 мМ калій біхромату. За впливу купрум (II) хлориду нагромадження біомаси ізоляту 17\_105 знижувалося зі

збільшенням концентрації солі металу у середовищі. Отже, виділений зі зразків різних біотопів Антарктики ізолят 17\_105, здатний метаболізувати нітрогеновмісні сполуки, різні джерела Карбону, виявляє широкий спектр ензиматичних властивостей і є стійким до 5 мМ купрум (II) хлориду, 0,1 мМ кадмій (II) хлориду, 0,5 мМ калій біхромату.

Робота виконана за проєктом «Метаболічна активність, фізіолого-біохімічна та молекулярно-генетична характеристика антарктичних металорезистентних штамів мікроорганізмів» Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011–2020 рр.

**Домша О., Яворська Г., Воробець Н.\*, Яворська Н.\***

**ВПЛИВ ЕКСТРАКТІВ З РОСЛИН *VACCINIUM CORYMBOSUM*  
СОРТУ ELLIOTT НА МІКРООРГАНІЗМИ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*  
*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*

*\*Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького*  
*вул. Пекарська, 73, м. Львів, 79000, Україна*  
*e-mail: olyadomsha@gmail.com*

**Domsha O., Yavorska H., Vorobets N., Yavorska N. EFFECT EXTRACTS PLANT OF *VACCINIUM CORYMBOSUM* OF VARIETY ELLIOTT ON MICROORGANISMS.** Aqueous and ethanolic extracts of *Vaccinium corymbosum* cultivar *Elliott* showed a significant inhibitory effect on some species of bacteria and yeasts genus *Candida*. The sensitivity of microorganisms depends on the growing season of plants and the concentration of ethanol as solvent.

Лікарські рослини є джерелом широкого спектра біологічно активних речовин (алкалоїдів, глікозидів, терпеноїдів, сапонінів, флавоноїдів, кумаринів, хінонів, пептидів), які виявляють високу антиоксидантну активність, протизапальні й імуномодулюючі властивості, а також можуть бути вітамінним комплексом і природними стимуляторами росту (Tapalsky D. et al., 2015). Ягоди Лохини високорослої відомі своїми смаковими та цілющими властивостями. Відвари та настої з лохини використовують у народній медицині, а деякі представники родини вересових є компонентами лікарських засобів і харчових добавок (Пешкова О.С. та ін., 2016). Зважаючи на здатність рослинних екстрактів до деструкції бактеріальної біоплівки, перспективним є вивчення їхнього застосування для лікування і профілактики хронічних та опортуністичних інфекцій (Кривцова М. та ін, 2019), до збудників яких *Vaccinium corymbosum* проявляють певну активність (Silva S. et al., 2015). Тому метою роботи було визначити вплив водних та етанольних екстрактів з *Vaccinium corymbosum* сорту Elliott на мікроорганізми.

Антимікробну активність визначали, використовуючи метод дифузії в агар у модифікації лунок (Воробець і співавт., 2016), у які додавали по 0,2 мл екстракту. Для одержання екстрактів із рослин, зібраних у різні фази розвитку рослин, використовували метод мацерації; у ролі екстрагентів – воду та водний етанол 20–80 %. Для оцінювання антимікробної активності досліджених екстрактів користувалися шкалою: діаметр зони затримки росту понад 20 мм – високочутливі, 10–20 мм – чутливі, менше 10 мм – нечутливі. Як тест-культури використовували однодобові культури бактерій: *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus vulgaris*, *Micrococcus luteus* і *Staphylococcus albus*, а також дводобові культури дріжджів: *Candida pseudotropicalis*, *C. kefir*; *C. tenuis* *C. parapsilosis* і *C. curvata* з колекції культур кафедри мікробіології ЛНУ імені Івана Франка. Для посіву використовували 0,2 мл суспензії з біомасою 0,1–0,2 г/л.

Встановлено, що і водні і етанольні екстракти впливали на досліджувані мікроорганізми. Однак чутливість залежала від фази росту і розвитку рослин і концентрації етанолу. Так, чутливими (зони затримки росту: від 10 до 20 мм) до водного екстракту були

*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus albus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus vulgaris* і *Micrococcus luteus*, а також *C. kefir*, *C. parapsilosis* і *C. tenuis*, виготовлені зі сировини, зібраної у фазі цвітіння і після закінчення плодоношення; *C. pseudotropicalis* і *C. tenuis* – у фазу плодоношення; *Pseudomonas fluorescens* і *Proteus vulgaris*, а також *C. kefir* і *C. parapsilosis* – у фазу входження у зимовий спокій. Щодо етанольних екстрактів 20, 30, 40, 50, 60, 70 і 80 %, виготовлених зі сировини, зібраної у різні сезони, то виявили, що вони по-різному впливали на досліджені культури мікроорганізмів, здебільшого затримуючи їхній ріст. Однак до жодного екстракту серед досліджених культур мікроорганізмів високочутливих (зі зоною затримки росту понад 20 мм) не виявлено.

Отже, згідно з одержаними результатами припускаємо, що рослини *Vaccinium corymbosum* сорту Elliott накопичують речовини у різних співвідношеннях залежно від сезону і фази розвитку, які здатні пригнічувати життєдіяльність деяких культур мікроорганізмів.

**Допта А.<sup>1</sup>, Цирульник А.<sup>2</sup>, Галушка А.<sup>1</sup>**

**ОТРИМАННЯ РЕКОМБІНАНТНИХ ШТАМІВ ДРІЖДЖІВ *CANDIDA FAMATA* З НАДЕКСПРЕСОВАНИМ ВЛАСНИМ ГЕНОМ РИБОФЛАВІНЕКСКРЕТАЗИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХНЬОЇ ФЛАВІНОГЕННОЇ АКТИВНОСТІ**

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>Інститут біології клітини НАН України

вул. Драгоманова, 14/16, м. Львів, 79005, Україна

**Dopta A., Tsyurulnyk A., Halushka A. CONSTRUCTION OF RECOMBINANT STRAINS OF *CANDIDA FAMATA* YEAST WITH OVEREXPRESSED OWN GENE OF RIBOFLAVIN EXCRETASE.** For cost-effective production of vitamin B<sub>2</sub> it is necessary to increase the productivity of available riboflavin producers. One of the possible approaches is to increase the excretion of riboflavin from cells. The mutants of the yeast *Candida famata* with overexpressed own homologue of the *BCRP* gene (encoding riboflavin excretase) were constructed and production of riboflavin by these strains was studied.

Вітамін В<sub>2</sub> – рибофлавін (РФ) необхідний у невеликих кількостях для нормального розвитку та функціонування людського організму. Він бере участь у процесах росту та пластичному обміні, впливає на стан центральної нервової системи, входить до складу ферментів, які регулюють важливі ланки обміну речовин. Отримують РФ в основному мікробіологічним способом. Надсинтетиками вітаміну є плісєневі гриби *Ashbya gossypii*, *Eremothecium ashbyii*, бактерії *Bacillus subtilis* і дріжджі *Candida famata*. Для рентабельного виробництва препаратів вітаміну В<sub>2</sub> необхідно підвищити продуктивність наявних дріжджових надсинтетиків РФ. Одним із можливих підходів є посилення екскреції РФ з клітин.

У ссавців описано ген *BCRP*, що відповідає за екскрецію РФ у молоко. Раніше було встановлено, що введення гомолога цього гена з *Debaryomyces hansenii* у надсинтетик РФ *C. famata* #91 приводило до двократного зростання продукції РФ. Висловлено припущення, що внаслідок надекспресії власного гена РФ-екскретази у штамі-надсинтетику РФ *C. famata* вдасться додатково підвищити акумуляцію РФ у культуральній рідині.

Метою нашої роботи було сконструювати мутанти дріжджів *C. famata* з надекспресованим власним гомологом гена *BCRP* і дослідити продукцію РФ сконструйованими штамми. Для проведення трансформації дріжджів на основі дріжджової інтегративної плазмиди рТб, що містить ген стійкості до флеоміцину *ble* *Staphylococcus aureus*, сконструйовано інсерційну касету, що містить ген екскретази *BCRP* *C. famata* під контролем сильного конститутивного промотора *TEF1* *C. famata*. Плазмиду

вводили у штам *C. famata* дикого типу та надпродуцент РФ #91 з надекспресованими генами *SEF1* (транскрипційний фактор) і *RIB1* та *RIB7* (кодують ферменти ГТФ-циклогідролазу і РФ-синтазу, відповідно) шляхом електропорації. Флеоміцин-резистентні штами було стабілізовано шляхом почергового вирощування на багатому середовищі YPD та селективному середовищі із флеоміцином. Досліджено флавіногенну активність рекомбінантних штамів, отриманих унаслідок трансформації штаму дикого типу. Із 40 флеоміцин-резистентних штамів було відібрано два, що мають вищу у 2-3 рази продуктивність синтезу РФ.

Цією ж плазмідною трансформовано також найкращий із наявних надінтетиків РФ #91 *C. famata*. Отримано 14 штамів, резистентних до флеоміцину. Після стабілізації перевірено здатність до нагромадження флавінів у культуральній рідині. Лише у трьох штамів продукція РФ була вищою, ніж у батьківського штаму.

Отримані результати вказують на те, що у дріжджів *C. famata* зростання продукції РФ можна досягнути за допомогою введення додаткового гена, що кодує РФ-екскретазу.

**Канецька А., Відсанко А., Комплікевич С., Мороз О., Перетятко Т.,  
Масловська О., Гнатуш С.**

#### ЛІПОЛІТИЧНА Й АМІЛОЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ БАКТЕРІЙ, ВИДІЛЕНИХ З РІЗНИХ БІОТОПІВ АНТАРКТИКИ, ЗА ВПЛИВУ СПОЛУК ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

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

**Kanetska A., Vidsanko A., Komplikevych S., Peretyatko T., Moroz O., Maslovska O.,  
Hnatush S.** LIPOLYTIC AND AMYLOLYTIC ACTIVITY OF BACTERIA ISOLATED FROM  
DIFFERENT BIOTOPES OF ANTARCTICA UNDER THE INFLUENCE OF HEAVY METAL  
COMPOUNDS. The aim of study was to investigate the lipolytic and amylolytic activity of metal-resistant isolates of Antarctica under the influence of heavy metal compounds. *Pseudomonas yamanorum* IMB B-7916 and *Pseudomonas yamanorum* 79\_102 and isolate 17\_105 characterized the most intense lipolytic activity. The addition of heavy metal salts to starch ammonia agar caused inhibition of growth and amylolytic activity of *Paenibacillus tundrae* IMB B-7915.

До недавнього часу більшість досліджень полярних мікроорганізмів обмежувалися вивченням дріжджів, грибів і ціанобактерій. Однак упродовж останніх трьох десятиліть було проведено активні роботи з вивчення бактерій і архей, які населяють антарктичний морський лід, льодовики, сніг, ґрунти тощо. Виявлено нові роди і види екстремофільних мікроорганізмів. Дослідження їхніх властивостей має як теоретичне, так і практичне значення. Особливу увагу приділяють пошуку продуцентів біологічно активних речовин.

Метою роботи було дослідити ліполітичну й амілолітичну активність металорезистентних антарктичних бактерій за впливу сполук важких металів. Для дослідження використовували виділені з різних біотопів Антарктики металорезистентні бактерії *Pseudomonas yamanorum* IMB B-7916, *Pseudomonas yamanorum* 79\_102, *Paenibacillus tundrae* IMB B-7915 та ізолят 17\_105. Бактерії вирощували за температури +20 °C упродовж 8 діб. Ліполітичну активність визначали за здатністю бактерій утворювати зону преципітації з кристалів кальцієвої солі жирних кислот навколо колоній за росту на середовищі, яке містило твін-20 (10 г/л). Амілазну активність оцінювали за діаметром зони гідролізу крохмалю щодо розміру колонії за росту на крохмало-аміачному агарі (КАА). Для дослідження змін ліполітичної та амілазної активностей за впливу солей важких металів у відповідні середовища вносили  $K_2Cr_2O_7$  (0,25; 0,5; 1 і 2 мМ),  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (0,1; 0,25; 0,5; 1; 5 мМ),  $CuCl_2 \cdot 2H_2O$  (0,5; 1; 2 мМ),  $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$  (0,5; 1; 2 мкМ). Нагромадження біомаси бактерій за впливу солей важких металів досліджували у триптон-соевому бульйоні (ТСБ).

Найінтенсивнішу ліполітичну активність за росту на середовищі з твіном-80 виявляли штами *P. yamanorum* IMB B-7916 і *P. yamanorum* 79\_102 та ізолят 17\_105. Найвищу амілолітичну активність на середовищі КАА виявляв штам *P. tundrae* IMB B-7915. Інші досліджені мікроорганізми росли на КАА, але візуально видимих зон гідролізу крохмалю не утворювали. Внесення  $K_2Cr_2O_7$  у концентраціях 0,5, 1 і 2 мМ у середовище з твіном-20 повністю інгібувало ріст *P. yamanorum* IMB B-7916, *P. yamanorum* 79\_102 і *P. tundrae* IMB B-7915, а нагромадження біомаси ізоляту 17\_105 знижувалося на 10–50 %, порівняно з контролем. Діаметр колоній досліджуваних мікроорганізмів на середовищі з твіном-80 за впливу 0,1–5 мМ  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  та 0,5–2 мМ  $CuCl_2 \cdot 2H_2O$  незначно змінювався, порівняно з контролем. Внесення  $K_2Cr_2O_7$ ,  $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ ,  $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$  до КАА інгібувало ріст та амілолітичну активність штаму *P. tundrae* IMB B-7915. Однак цей штам був здатним рости на КАА за впливу 0,1–5 мМ  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ . Отримані дані впливу солей важких металів на ліполітичну й амілолітичну активності потребують подальших досліджень.

Робота виконана за проектом «Метаболічна активність, фізіолого-біохімічна та молекулярно-генетична характеристика антарктичних металорезистентних штамів мікроорганізмів» Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011–2020 рр.

**Ковальчук А., Яворська Г., Воробець Н.\*, Яворська Н.\***  
АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ЕКСТРАКТІВ З РОСЛИН  
*VACCINIUM CORYMBOSUM* SORTU BLUEJAY

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

\*Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького  
вул. Пекарська, 73, м. Львів, 79000, Україна  
e-mail: alina.kvlchk95@gmail.com

**Kovalchuk A., Yavorska H., Vorobets N., Yavorska N.** ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF EXTRACTS PLANT OF *VACCINIUM CORYMBOSUM* VARIETY BLUEJAY. Aqueous and ethanolic extracts of *Vaccinium corymbosum* cv. Bluejay collected in stage of flowering and fruiting have different inhibitory effects to some species of bacteria. Significant inhibitory effect was shown by extracts from plants collected in fruiting stage regardless of the method of extraction.

Лікувальні препарати на основі рослинної сировини здавна використовують для лікування захворювань, спричинених мікроорганізмами. Саме рослини були чи не єдиними засобами до появи антибіотиків у боротьбі з епідеміями. Нетрадиційна медицина пропонує велику різноманітність рослин, які можна використовувати для лікування різних захворювань (Чекман І. С., 2000). За багато років вченими різних країн і галузей науки було з'ясовано, що мікроорганізми, зокрема бактерії, дуже швидко пристосовуються та набувають стійкості до стандартної терапії доступними антибіотиками. З огляду на це, дослідникам постійно доводиться знову розробляти нові препарати або шукати способи ослабити захист бактерій і зробити їх уразливими для ліків. Актуальним є вивчення антибактеріальної активності сполук, синтезованих лохиною високорослою щодо резистентних до антибіотиків бактерій (E. Gato et al., 2020). Метою роботи було визначити антимікробну активність водних та етанольних екстрактів з *Vaccinium corymbosum* сорту Bluejay.

Антимікробну активність визначали використовуючи метод дифузії в агар у модифікаціях зі скляними циліндриками і лунками (Воробець і співавт., 2016), в які додавали по 0,2 мл відповідного екстракту. Для одержання екстрактів з рослин, зібраних навесні (стадія цвітіння) та влітку (стадія плодоношення), використовували екстракцію у воді (на слабо киплячій водянній лазні) та водному етанолі різної концентрації (методом мацерації).

Для оцінювання антимікробної активності досліджених екстрактів користувалися шкалою: діаметр зони затримки росту (ЗЗР) понад 20 мм – високочутливі, 10–20 мм – чутливі, менше 10 мм – нечутливі. Як тест-культури використовували однодобові культури бактерій: *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus vulgaris*, *Micrococcus luteus* і *Staphylococcus albus* з колекції культур кафедри мікробіології ЛНУ ім. Івана Франка. Для посіву використовували 0,2 мл суспензії з біомасою 0,1–0,2 г/л.

Встановлено, що спосіб екстракції не впливав на чутливість, оскільки і водні й етанольні пригнічували ріст деяких із досліджених культур бактерій. Чутливість більше залежала від пори року та фази розвитку, у які збирали рослини. Встановлено, що до водного екстракту виготовленого з рослин, зібраних у фазу плодоношення високочутливими (ЗЗР: від 25 до 30 мм) були *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus albus* і *Micrococcus luteus*; чутливими (ЗЗР: від 10 до 20 мм) – *Pseudomonas fluorescens* і *Proteus vulgaris*. Однак водний екстракт із сировини зібраної у фазу цвітіння не впливав на ріст досліджуваних культур бактерій (ЗЗР: від 6 до 10 мм). Подібні закономірності спостерігали і щодо 20, 30, 40, 50, 60, 70 і 80 % етанольних екстрактів, виготовлених зі сировини, зібраної у ці фази розвитку. Виявили, що «весняні» практично не впливали на ріст бактерій (ЗЗР: від 6 до 10 мм), однак щодо екстрактів усіх досліджених концентрацій етанолу, виготовлених зі сировини, зібраної влітку, то всі досліджені культури бактерій були чутливими (ЗЗР: від 10 до 20 мм).

Отже, можна вважати, що рослини *Vaccinium corymbosum* сорту Bluejay, зібрані у фазу плодоношення, є перспективними для подальших досліджень як такі, що накопичують сполуки, які мають антимікробні властивості.

#### **Мелевич Я., Мороз О., Яворська Г.**

#### **ВПЛИВ КАЛІЙ БРОМІДУ НА ОКИСНЕННЯ ЙОНІВ ТІОСУЛЬФАТУ ПУРПУРОВИМИ СІРКОБАКТЕРІЯМИ *LAMPROCYSTIS* SP. YA-2003 І *THIOCAPSA* SP. YA-2003**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: melevich.yana147@gmail.com

**Melevych Y., Moroz O., Yavorska G.** THE INFLUENCE OF OF POTASSIUM BROMIDE ON THE OXIDATION OF THIOSULFATE IONS BY PURPLE SULFUR BACTERIA *LAMPROCYSTIS* SP. Ya-2003 AND *THIOCAPSA* SP. Ya-2003. It is established that KBr changes the physiological properties of phototrophic purple sulfur bacteria. Potassium bromide at concentrations that 0.5–4.0 times differ from the maximum permissible in van Niel medium does not affect the biomass accumulation, but inhibits the oxidation of  $S_2O_3^{2-}$  and the formation of  $SO_4^{2-}$  by bacteria *Lamprocystis* sp. Ya-2003 and *Thiocapsa* sp. Ya-2003.

У воді озера Яворівське, що утворилося на місці кар’єру сірковидобувного підприємства, безперервно відбуваються складні взаємоперетворення органічних і мінеральних речовин. Вода озера збагачена оксоаніонами сульфуру (тіосульфатами, сульфатами й ін.), що постійно утворюються внаслідок окиснення сірки та відновлених сполуксульфуру. Це створює сприятливі умови для розвитку сульфат- і сірковідновлювальних бактерій, продуктом життєдіяльності яких є гідроген сульфід – токсична сполука. Пурпурові й зелені фотосинтезувальні сіркобактерії разом із сульфідогенними бактеріями утворюють у природних умовах мікроекосистеми, що регулюють вміст гідроген сульфід у водоймах (Dahl, 2017; Тарабас та ін., 2017). Метою роботи було дослідити закономірності використання йонів тіосульфату виділеними з озера Яворівське фототрофними пурпуровими сіркобактеріями *Lamprocystis* sp. Ya-2003 та *Thiocapsa* sp. Ya-2003 за впливу калій броміду – неорганічного забруднювача, який повністю дисоціює у водному розчині, сприяє бромованню органічних кислот і може впливати на ріст і розвиток мікроорганізмів.

Фототрофні сіркобактерії культивували у середовищі ван Ніля за анаеробних умов, температури 26–27 °С та оптимального освітлення (інтенсивність – 200 лк). Для вивчення

впливу KBr на нагромадження біомаси, нагромадження сульфатів та окиснення  $S_2O_3^{2-}$  бактерії висівали у пробірки (густина засіву становила 0,2 г/л), вирощували у середовищі з  $Na_2S_2O_3$  (4,2 мМ) та KBr за гранично допустимої концентрації (ГДК) 0,0025 мМ та концентрацій, відмінних від ГДК у 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 рази (контроль - середовище без KBr). Після 10 діб росту визначали біомасу турбідиметричним методом, вміст  $S_2O_3^{2-}$  та  $SO_4^{2-}$  у культуральній рідині – спектрофотометричним методом (Гудзь та ін., 2014).

Показано, що KBr за всіх досліджених концентрацій незначно стимулює нагромадження біомаси *Lamprocystis* sp. Ya-2003. За внесення у середовище KBr за концентрацій, у 0,5–4,0 рази вищих від ГДК, відбувалося пригнічення окиснення  $S_2O_3^{2-}$  бактеріями *Lamprocystis* sp. Ya-2003 у 1,8–4,7 разу, а вміст  $SO_4^{2-}$  у середовищі знижувався у 1,1–2,7 разу, порівняно з контролем. Встановлено, що калій бромід за всіх досліджених концентрацій практично не впливає на нагромадження біомаси *Thiocapsa* sp. Ya-2003. За внесення у середовище KBr за концентрацій, які відрізнялися від ГДК у 0,5–4,0 разу, спостерігали інгібування окиснення  $S_2O_3^{2-}$  клітинами *Thiocapsa* sp. Ya-2003 у 1,2–2,1 разу, вміст  $SO_4^{2-}$  у середовищі знижувався до 1,9 разу, порівняно з контролем.

Отже, встановлено, що внесення у середовище калій броміду за концентрацій, які відрізняються від ГДК у 0,5–4,0 рази, не впливає на нагромадження біомаси, але інгібує процес окиснення  $S_2O_3^{2-}$  і утворення йонів  $SO_4^{2-}$  бактеріями *Lamprocystis* sp. Ya-2003 та *Thiocapsa* sp. Ya-2003.

**Мельник В., Комплікевич С., Мороз О., Масловська О., Перетятко Т., Гнатуш С.**

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШТАМУ *RHODOCOCUS* SP. 10A\_1T\_37,  
ВИДІЛЕНОГО З МОХОГРУНТУ АНТАРКТИКИ

Львівський національний університет ім. Івана Франка

вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

e-mail: vikamelnik01@gmail.com

**Melnyk V., Komplikovich S., Moroz O., Maslovska O., Peretyatko T., Hnatysh S.**  
PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF *RHODOCOCUS* SP. 10A\_1T\_37  
STRAIN, ISOLATED FROM ANTARCTIC MOSSY SOIL. The aim of this work was to investigate the physiological and biochemical properties of *Rhodococcus* sp. 10A\_1T\_37 strain isolated from Antarctic biotopes. *Rhodococcus* sp. 10A\_1T\_37 are gram-positive polymorphic rod-shaped aerobic bacteria. As carbon source *Rhodococcus* sp. 10A\_1T\_37 use glucose, mannitol, sorbitol, maltose, lactose and are characterized by enzymatic activities.

Географічна ізольованість Антарктиди і прилеглої до неї острівної зони, озонова діра та високий рівень сонячної активності, геохімічна специфіка порід, особливий температурний режим сформували в цьому регіоні унікальний світ мікроорганізмів (Таширев, 2012).

Метою роботи було дослідити фізіолого-біохімічні властивості штаму *Rhodococcus* sp. 10A\_1T\_37, виділеного з мохогрунту Антарктики. Зразки отримано під час української антарктичної експедиції, яка відбулася 2019 року. Морфологічні й культуральні властивості штаму досліджували на триптон-соевому агарі (ТСА), поживному агарі або м'ясо-пептонному бульйоні. Здатність метаболізувати органічні джерела Карбону досліджували на середовищі Гіса з арабінозою, ксилозою, рамнозою, глюкозою, манозою, сорбітолом, лактозою. Ліполітичну активність досліджували на середовищі з твіном-20 (10 г/л), амілолітичну активність – на крохмало-аміачному середовищі, здатність до азотофіксації – на середовищі Ешбі, протеазну активність – на середовищі з желатином. Здатність метаболізувати сечовину досліджували на середовищі з сечовиною (5 г/л). Оксидазну активність досліджували, використовуючи смужки, які містили N,N-диметил-р-фенілєндіамін оксалат і β-нафтол. Для визначення каталазної активності, краплю 3 %  $H_2O_2$

наносили на колонію бактерій. Ензиматичні активності досліджували з використанням системи RapID ONE™.

*Rhodococcus* sp. 10A\_1T\_37 на середовищі нутрієнт агар утворюють гладкі, блискучі, молочного кольору колонії, а на середовищі ТСА – шорсткі та матові колонії. Каталазопозитивні. Оксидазонегативні. Грампозитивні. Ростуть за температури +8...+28 °С. Оптимальна температура для росту +16...+20 °С. Оптимальне рН 6,8–7,3. Аероби. Нітраги відновлюють до нітритів, казеїну не гідролізують. Крохмаль слабо гідролізують. Кислоту і газ за росту на вуглеводах і спиртах не утворюють. Як джерело Карбону використовують глюкозу, маніт, сорбіт, мальтозу, лактозу. Мають ліпазу (гідролізують твін-20),  $\alpha$ -глюкозидазу,  $\beta$ -глюкозидазу,  $\alpha$ -галактозидазу, уреазу, гліцинамінотриптази, пролінамінотриптази, лейцингліцинамінотриптази, фосфатазу активності. Індолу з триптофану не утворюють. Не гідролізують желатин. За росту у м'ясо-пептонному бульйоні продукують гідроген сульфід. Фіксують молекулярний азот.

Робота виконана за проектом «Метаболічна активність, фізіолого-біохімічна та молекулярно-генетична характеристика антарктичних металорезистентних штамів мікроорганізмів» Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011–2020 рр.

**Микитин М., Сакуліч Х., Менів Н., Гетманчук Н., Качмар Н.,  
Цвігун Ю., Галушка А., Гнатюш С.**

#### **АКТИНОБАКТЕРІЇ ПОРОДНИХ ВУГІЛЬНИХ ВІДВАЛІВ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ**

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

**Mykytyn M., Sakulych K., Meniv N., Hetmanchuk N., Kachmar N., Tsvihun Y.,  
Halushka A., Hnatush S. ACTINOBACTERIA FROM COAL MINE SPOIL HEAPS OF  
CHERVONOHRA D MINING REGION.** Identification of actinobacteria, isolated from the black rock from Central Enrichment Factory “Chervonohradska” spoil heap, 3 m apart from *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. near this heap and isolate CEF-8 from substrate under sulfur is performed on the basis of morphological properties and stereoisomeric composition of diaminopimelic acid. They contain LL-diaminopimelic acid and belong to *Streptomyces* genus.

Видобування вугілля у районі Червоноградського гірничопромислового району (ЧГПР) спричинило негативні зміни у довкіллі, зокрема, порушено функціонування біоценозів, забруднено поверхневі і підземні води, виснажено водоносні горизонти, утворено відвали порід. Вимивання важких металів із порід териконів і їхня міграція на прилеглі території збільшують рівень забруднення довкілля (Бешлей, 2016). Провідну роль у процесах біоремедіації відвалів вугільних порід відіграє мікробіота, яка є першим ґрунтоутвірним чинником і відповідає за перетворення низки сполук на доступні для рослин форми. Мікроорганізми синтезують органічні сполуки, в тому числі й біологічно активні речовини, які забезпечують активний розвиток рослин (Дяків, 2019). У породах відвалів ЧГПР переважають педотрофи та оліготрофи, кількість копіотрофів порівняно менша (Kuzmishyna et al., 2014).

Ми виділили 17 ізолятів оліготрофних мікроорганізмів з різних порід відвалу Центральної збагачувальної фабрики «Червоноградська». Виділення проводили на МПА, розведеному в 10 разів, шляхом пересівання окремих колоній. Усі ізоляти, виділені з чорної породи, виявилися актинобактеріями. Також актинобактеріями є два з чотирьох ізолятів, виділених зі зразка, відібраного під виступами сірки, усі ізоляти, виділені з контрольного зразка, відібраного за 10 м від виступів сірки, та три з чотирьох ізолятів, виділених зі зразка

субстрату, відібраного за 3 м від Очерету звичайного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) біля відвалу.

Бактерії порядку *Actinomycetales* є одними з найтипівіших мешканців ґрунту. Сучасні дослідження вказують на їхнє розповсюдження у всіх типах ґрунтів, включно з екосистемами антропогенного походження. Зокрема, описано випадки їх виділення з місць видобування металів і вугілля (Осташ та ін., 2011).

Аналіз стереоізомерного складу діамінопімелінової кислоти, виконаний методом низхідної паперової хроматографії гідролізатів клітин (Becker et al., 1964), показав, що ізоляти, виділені з чорної породи та біля очерету, а також ізолят CEF-8, виділений під виступами сірки, містять LL-діамінопімелінову кислоту у складі клітинної стінки. Разом із морфологічними властивостями це дає змогу ідентифікувати їх як представників роду *Streptomyces*.

**Нейлюк М., Мелевич Я., Мороз О.**

ВПЛИВ ЙОНІВ ФТОРИДУ ТА БРОМІДУ НА ОКИСНЕННЯ ЙОНІВ ТІОСУЛЬФАТУ  
*CHLOROBIVM LIMICOLA* ІМВ К-8

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: martanejluk13@gmail.com

**Nejluk M. I., Melevych Y. V., Moroz O. M.** THE INFLUENCE OF FLUORIDE AND BROMIDE IONS ON THIOSULFATE IONS OXIDATION BY *CHLOROBIVM LIMICOLA* IMV K-8. Fluorides and bromides at concentrations that 0.5–4.0 times differ from the maximum permissible in van Niel medium inhibit the biomass accumulation and thiosulfate ions oxidation by bacteria *C. limicola* IMB K-8, however, stimulate formation of intracellular glucose and glycerol production by the cells.

Фототрофні зелені сіркобактерії *Chlorobium limicola* IMB K-8, виділені з глибинних шарів озера Яворівське, є стійкими до несприятливих умов зовнішнього середовища. Ці мікроорганізми відіграють важливу роль у біологічній детоксикації забруднених водойм та промислових стоків від сполук Сульфуру та Нітрогену з різним ступенем відновлення, які використовують як донор електронів аноксигенного фотосинтезу (Мороз та ін., 2010; Мороз та ін., 2015). Пошук стійких до забруднень штамів фототрофних мікроорганізмів і дослідження їхніх властивостей є основою для розробки нових перспективних методів очищення техногенно змінених екопів (Moroz et al., 2021). Вплив неорганічних токсикантів на фізіологічні властивості зелених сіркобактерій вивчено недостатньо. Тому метою нашої роботи було дослідити вплив фторидів і бромідів на нагромадження біомаси, окиснення йонів тіосульфату, утворення сульфатів і нагромадження внутрішньоклітинних вуглеводів бактеріями *C. limicola* IMB K-8.

Бактерії вирощували впродовж 10 діб у середовищі ван Ніля з натрій тіосульфатом (4,2 мМ) за анаеробних умов, температури 28 °С та оптимального освітлення з інтенсивністю 200 лк (Гудзь та ін., 2014). Для дослідження впливу йонів фториду та броміду на нагромадження біомаси, окиснення тіосульфатів, утворення сульфатів та синтез внутрішньоклітинних вуглеводів бактерії культивували у середовищі з NaF і KBr за гранично допустимих концентрацій (ГДК) 0,0789 мМ і 0,0025 мМ, відповідно, та концентрацій, відмінних від ГДК у 0,5; 2,0; 3,0; 4,0 рази. Як контроль використовували середовище без фторидів і бромідів. Біомасу визначали турбідиметричним методом, вміст S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> та SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> у культуральній рідині – спектрофотометричним методом (Гудзь та ін., 2014), вміст глюкози та глікогену - ферментативно за допомогою набору “Діаглюк – 2” (Гончар, 1998).

Натрій фторид і калій бромід за всіх досліджених концентрацій негативно впливали на нагромадження біомаси, окиснення тіосульфатів і утворення сульфатів бактеріями

*S. limicola* ІМВ К-8. У середовищах з йонами фториду за концентрацій, у 3-4 рази більших від ГДК, біомаса знизилась у 2,1-2,2 разу, порівняно з контролем. За впливу натрій фториду та калій бромід за концентрацій, які відрізнялися від ГДК у 4,0 рази, спостерігали пригнічення окиснення бактеріями тіосульфатів. Окиснення тіосульфат-йонів зменшилося на 35 % у середовищі з NaF та на 55 % у середовищі з KBr, порівняно з контролем. Натрій фторид та калій бромід за усіх концентрацій стимулювали нагромадження внутрішньоклітинних вуглеводів. Вміст глікогену та глюкози виявився найвищим у клітинах, вирощених у середовищах з NaF і KBr за концентрацій, у 3-4 рази вищих, ніж ГДК.

**Петренко Ю., Вишнякова Г.**

#### ПОШУКИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ МЕТОДІВ ЛІКУВАННЯ АКНЕ

ПВНЗ «Київський медичний університет»  
вул. Бориспільська, 2, м. Київ, 02099, Україна  
e-mail: ju.ptrnk@gmail.com

**Petrenko J., Vishnyakova A. FINDING ALTERNATIVE TREATMENTS FOR ACNE.**

Establishment of the spectrum of antistaphylococcal activity to phytopreparations diluted in a ratio of 1:20 and 1:25 by disco-diffusion method. Clinical strains of *S. aureus* ATCC 25923 and *S. epidermidis* isolated from material selected from a patient with acne were used. When caring for the skin care should include antibacterial cleansers and moisturizers that help maintain a healthy skin barrier/microbiome.

За статистичними даними близько 80 % населення хоча б раз у житті мали епізод акне. На сьогоднішній день довготривале носіння маски під час пандемії може сприяти виникненню вугрів звичайних. Місцева терапія включає використання пероксиду бензоїлу, ретиноїдів та антибіотиків, що при комбінованому застосуванні, як правило, покращують перебіг легкого та середнього ступеня тяжкості. Але їхня ефективність змінюється і не варто забувати про резистентність до антибіотиків і низку протипоказань ретиноїдів. Фітотерапія є перспективним методом боротьби з вугровою хворобою.

Доцільно вивчити антибактеріальну активність екстрактів алое вера (*Aloe vera*), айру звичайного (*Acorus calamus*), ехінацеї (*Echinacea sp.*), календули (*Calendula sp.*), клінакантуса нутансу (*Clinacanthus nutans*), кори дуба (*Quercus robur*), глечиків жовтих (*Nuphar lutea*), гадючника (*Filipendula sp.*), мангустанового йоду (*Garcinia mangostana*), омани (*Inula sp.*), перстачу (*Potentilla sp.*), розмарину (*Rosmarinus officinalis*), ромашки (*Matricaria sp.*), софори японської (*Styphnolobium japonicum*), тополі (*Populus sp.*), хлорофіліпту (*Chlorophylliptum*), чайного дерева (*Melaleuca sp.*), які широко використовують в Україні та у традиційній тайській народній медицині.

Дослідження ефірних, спиртових, водних екстрактів алое вера, айру звичайного, ехінацеї, календули, клінакантуса нутансу, кори дуба, глечиків жовтих, гадючника, мангустанового йоду, омани, перстачу, розмарину, ромашки, софори японської, тополі, хлорофіліпту, чайного дерева, розведених у співвідношенні 1:20 та 1:25 диско-дифузійним методом показало, що айр звичайний (*Acorus calamus*), ехінацея (*Echinacea sp.*), мангустановий йод (*Garcinia mangostana*), перстач (*Potentilla sp.*), ромашка (*Matricaria sp.*) мають виражену антибактеріальну активність проти клінічно значущих патогенів *Staphylococcus aureus* та *Staphylococcus epidermidis* (зона інгібування росту в агарі 31-33 мм). Водний екстракт тополі (*Populus sp.*) має максимальну антибактеріальну дію на *Staphylococcus aureus* (20 мм) та *Staphylococcus epidermidis* (28 мм). Кора дуба (*Quercus robur*) помірно активна до *Staphylococcus aureus* та *Staphylococcus epidermidis* (18 мм). Екстракти глечиків жовтих (*Nuphar lutea*) та гадючника (*Filipendula sp.*) дієві проти *Staphylococcus aureus* (25 мм), але мають низьку активність до *Staphylococcus epidermidis* (10 мм). Оман (*Inula sp.*) активний проти *Staphylococcus aureus* (17 мм) та *Staphylococcus*

*epidermidis* (10 мм). Ефірний екстракт чайного дерева (*Melaleuca sp.*) дієвий проти *Staphylococcus epidermidis* (16 мм), але не пригнічує ріст *Staphylococcus aureus*. Відсутня висока активність відносно *Staphylococcus aureus* та *Staphylococcus epidermidis* (10 мм) спиртових настоїв хлорофіліпту (*Chlorophylliptum*) та софори японської (*Styphnolobium japonicum*). Розмарин (*Rosmarinus officinalis*), алое вера (*Aloe vera*), календула (*Calendula sp.*), клінакантус нутанс (*Clinacanthus nutans*) не є активними проти *Staphylococcus aureus* та *Staphylococcus epidermidis*. Таким чином, частина досліджуваних екстрактів, які використовуються в регіонах України та тайській медицині, можуть бути альтернативними засобами боротьби із вугровою хворобою (акне).

**Собчук С.<sup>1</sup>, Цирульник А.<sup>2</sup>, Федорович Д.<sup>2</sup>, Яворська Г.<sup>1</sup>**

#### ВИКОРИСТАННЯ ЛАКТОЗИ ЯК ЄДИНОГО ДЖЕРЕЛА КАРБОНУ ДЛЯ ПРОДУКЦІЇ ВІТАМІНУ В<sub>2</sub> ДРІЖДЖАМИ *CANDIDA FAMATA*

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка

вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>Інститут біології клітини НАН України

вул. Драгоманова, 14/16, м. Львів, 79005, Україна

e-mail: sveta2502200055@gmail.com

**Sobchuk S., Tsyrunyk A., Yavorska H., Fedorovych D.** USING LACTOSE AS THE SOURCE OF CARBON FOR THE PRODUCTION OF VITAMIN B<sub>2</sub> BY THE YEAST *CANDIDA FAMATA* Riboflavin (vitamin B<sub>2</sub>) is an important component of human and animal nutrition. Currently, vitamin B<sub>2</sub> is produced on a large scale microbial synthesis. Yeast *C. famata* represents the organism with high flavinogenic potential and are able to assimilate lactose. Yeast strains capable of oversynthesis of riboflavin in media supplemented with lactose as the source of carbon were obtained.

Рибофлавін (РФ) – незамінний компонент харчування людини та кормів сільськогосподарських тварин. Його дефіцит може спричинити серйозні порушення метаболізму, а також призвести до збільшення ризику серцево-судинних захворювань, слабкості, затримки росту, випадання волосся тощо. Похідні РФ є важливими компонентами клітинного обміну. Високий флавіногенний потенціал мають дріжджі *Candida famata*. Суттєвим недоліком цього надсинтетика вітаміну є низька продуктивність (лише 4 % джерела карбону перетворюється до РФ). Тому зусилля дослідників спрямовані на підвищення продуктивності синтезу РФ та пошук дешевих промислових субстратів для виробництва цього вітаміну.

Метою роботи було отримати мутанти дріжджів *C. famata*, які будуть краще засвоювати лактозу як єдине джерело Карбону, що дасть змогу використати молочну сироватку для отримання препаратів вітаміну В<sub>2</sub> і таким чином, знизити витрати виробництва. Для досягнення мети використано отримані раніше надпродуценти РФ дріжджів *C. famata*: AF4 (*AF-4/2xSEF1/IMH3*), #91 з надекспресованими генами *SEF1* (транскрипційний фактор) і *RIB1* та *RIB7*, що кодують ГТФ-циклогідролазу II та РФ-синтазу, перший і останній ферменти шляху біосинтезу РФ, #47 з надекспресованим *BCRP* геном РФ-екскретази *Debaryomyces hansenii*, а також отримані нами рекомбінантні штами, які містять ген *SEF1* під контролем промотора *LAC4*.

Раніше було встановлено, що дріжджі *C. famata* можуть засвоювати лактозу молочної сироватки та продукувати РФ, однак ріст і синтез були дуже низькими. Посилення продукції РФ досягнули за рахунок додавання до середовищ додаткових джерел Нітрогену. Нами встановлено, що амоній сульфат стимулює синтез РФ на молочній сироватці за концентрації 2-5 г/л. Виявлено, що штами-надсинтетики добре ростуть на молочній сироватці з вмістом лактози 5 %, а на концентрованій сироватці (вміст лактози 15 %) відбувається сильне

пригнічення росту. Причиною цього вважали високий вміст діацетилу в сироватці. Нами з'ясовано, що навіть за концентрації 10 мг/л діацетил не пригнічує росту і синтезу РФ штамми #91 і #47 ні в синтетичному середовищі, ні в середовищі, що містить сироватку як джерело Карбону.

Використовуючи УФ-промені як мутаген та 2-дезоксид-D-глюкозу як селективний фактор отримано штами дріжджів *S. famata*, резистентні до 2-дезоксид-D-глюкози, продуктивність синтезу РФ у яких була у 2,5-3 рази вищою ніж у батьківського штаму #91.

Сконструйовано штами *S. famata*, які містять ген *SEF1* під контролем сильного промотора *LAC4*. Виявлено, що у середовищі з лактозою такі штами синтезували у 2-3 рази більше РФ порівняно з батьківським штамом AF4.

**Топільницька А., Яворська Г., Воробець Н.\*, Яворська Н.\***

**АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ЕКСТРАКТІВ  
З РОСЛИН *VACCINIUM CORYMBOSUM* СОРТУ BLUECROP**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

*вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна*

*\*Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького*

*вул. Пекарська, 73, м. Львів, 79000, Україна*

*e-mail: andriana.topilnytska@lnu.edu.ua*

**Topilnytska A., Yavorska H., Vorobets N., Yavorska N. ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF *VACCINIUM CORYMBOSUM* VARIETY BLUECROP EXTRACTS.** Extracts from the frost – resistant *Vaccinium corymbosum* variety Bluecrop, collected in spring (flowering stage), summer Fruiting stage) and winter (beginning of winter dormancy stage), had different inhibitory effects on some bacteria species. Significant inhibitory effect was shown by plants' collected in the spring-summer period aqueous extracts and ethanol extracts, collected in spring (regardless of the concentration) and collected in summer-winter period (only few concentrations).

Коли медицина і косметика були натуральними, люди вміло вживали рослини для лікування найрізноманітніших хвороб. Завдяки бурхливому розвитку технологій і методів досліджень виникла можливість додатково вивчати раніше відомі лікувальні властивості рослин, а також шукати нові, невідомі. Корисні властивості лохини, зокрема, ягід, використовували в нетрадиційній медицині здавна (Shen et al., 2014). Є багато сортів лохини, які вирощують у промислових масштабах. Однак властивості екстрактів з рослин *Vaccinium corymbosum*, які мають потужну бактерицидну дію (Pervin et al., 2013; Zhu J. et al., 2017; Liu et al., 2019), лише почали вивчати. Тому метою роботи було визначити вплив водних і етанольних екстрактів морозостійкого сорту Bluecrop *Vaccinium corymbosum* на бактерії.

Вплив екстрактів на культури бактерій визначали, використовуючи метод дифузії в агар у модифікаціях зі скляними циліндриками і лунками (Воробець і співавт., 2016), в які додавали по 0,2 мл екстракту. Для одержання екстрактів з рослин, зібраних навесні (стадія цвітіння), влітку (стадія плодоношення) і взимку (стадія початку періоду зимового спокою), використовували екстракцію у воді та водному етанолі. Для оцінювання антимікробної активності досліджених рослинних екстрактів користувалися шкалою: діаметр зони затримки росту (ЗЗР) понад 20 мм – високочутливі, 10–20 мм – чутливі, менше 10 мм – не чутливі. Як тест-культури використовували однодобові культури бактерій: *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus vulgaris*, *Micrococcus luteus* і *Staphylococcus albus*. Для посіву використовували 0,2 мл суспензії з біомасою 0,1–0,2 г/л.

Встановлено, що спосіб екстракції не впливав на чутливість, оскільки водні й етанольні екстракти пригнічували ріст досліджуваних культур бактерій. Чутливість залежала від фази розвитку, в яку збирали рослини, і концентрації етанолу як екстрагента. Встановлено,

що до водного екстракту, виготовленого з рослин зібраних навесні чутливими (ЗЗР від 10 до 20 мм) були *B. subtilis*, *S. albus*, *P. fluorescens* і *P. vulgaris*; влітку – *S. albus* і *P. fluorescens*. Однак водний екстракт зі сировини, зібраної у фазу зимового спокою, не впливав на ріст досліджуваних культур бактерій (ЗЗР від 6 до 10 мм). Щодо 20, 30, 40, 50, 60, 70 і 80 % етанольних екстрактів, виготовлених зі сировини, зібраної у ці пори року, то виявили, що незалежно від концентрації етанолу у екстрагенті, до екстрактів, виготовлених зі сировини зібраної у фазу цвітіння, чутливими були всі досліджені культури бактерій, а *B. subtilis* і *P. fluorescens* – високочутливими (ЗЗР від 20 до 30 мм); екстрактів, виготовлених зі сировини, зібраної у фазу плодоношення чутливими були *S. albus* і *P. vulgaris*, а також 70 і 80 % екстрактів, виготовлених зі сировини, зібраної у фазу зимового спокою – *P. fluorescens*, *P. vulgaris* і *M. luteus* (ЗЗР від 10 до 15 мм). Інші досліджені екстракти не впливали на ці культури бактерій.

Отже, рослини *Vaccinium corymbosum* морозостійкого сорту Bluecrop є перспективними для подальших досліджень їхньої антимікробної активності.

**<sup>1</sup>Ханик Ю., <sup>1</sup>Звір Г., <sup>2</sup>Гринчишин Н.**

### ВПЛИВ НА МІКРОБОЦЕНОЗ ҐРУНТУ ФТОРСИНТЕТИЧНОГО ПЛІВКОУТВОРЮВАЛЬНОГО ПІНОУТВОРЮВАЧА ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна

<sup>2</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79000, Україна  
e-mail: yurahanuk43@gmail.com

**<sup>1</sup>Hanyk Y., <sup>1</sup>Zvir G., <sup>2</sup>Grynchyshyn N.** THE INFLUENCE OF AQUEOUS FILM FORMING FOAM FOR FIREFIGHTING ON SOIL MICROBIOCENOSES. It was established that aqueous film forming foam for firefighting stimulated the growth of bacteria and fungi one month after soil contamination.

AFFF (aqueous film forming foam) – фторосинтетичні плівкоутворювальні піноутворювачі спеціального призначення. Їх використовують головно для гасіння пожеж, спричинених займанням як неполярних (водонерозчинних) легкозаймистих рідин (наприклад, нафти, бензину, гасу, мазуту, масел, бензолу, циклогексану тощо), так і полярних (водорозчинних) горючих рідин (етилового, метилового та інших спиртів, а також органічних кислот, альдегідів, кетонів, полярних розчинників для лакофарбової промисловості тощо). Протипожежна піна швидко гасить пожежу, оскільки добре розтікається по великій площі вогнища горіння; охолоджує речовину і резервуар за рахунок води, що входить до складу піни; запобігає змішуванню з повітрям горючих парів, що вкрай важливо при гасінні хімічних сполук; дає змогу заощаджувати водні ресурси (Ковалишин, 2017; Шароварников, 2000; Sheinson, 2002).

До складу піноутворювачів типу AFFF входять поверхнево-активні речовини (ПАР), які зумовлюють зниження поверхневого натягу водних розчинів і можливість генерування піни, а також інші добавки для підвищення стабільності, захисту від замерзання, запобігання корозії тощо (Hague, 2002).

Використання та випадкове/навмисне викидання AFFF у ґрунт, водою може спричинити значний вплив на довкілля. Відомі випадки, пов'язані із забрудненням AFFF стічних вод, місцевих водойм і дамб, що призвело до загибелі риби. Фторовмісні сполуки є інгібіторами ферментів, вони модифікують міжклітинні взаємодії, порушують мембранний транспорт і процеси утворення енергії. Фторосинтетичні плівкоутворювальні піноутворювачі здатні до біоаккумуляції в організмі риб і ссавців, стійкі до біорозкладання (Colville, McCarron, 2003; Шарипов, 2015). Тому дослідження впливу цих фторовмісних

сполук на мікроорганізми, пошук здатних до біодеградації AFFF мікроорганізмів без негативного впливу на довкілля є важливим і актуальним завданням.

Досліджено вплив AFFF на чисельність різних груп мікроорганізмів ґрунту сірого лісового. Зразки ґрунту з глибини 0-5 см відбирали через місяць після внесення у нього піноутворювача. Для кількісного підрахунку використовували м'ясо-пептонний агар, сусло-агар, крохмально-аміачне середовище, агар Гетчинсона та агаризоване середовище Ешбі. Контролем слугував ґрунт сірий лісовий, у який AFFF не вносили. Ґрунтову суспензію з використанням десорбції готували за методом Звягінцева (Звягінцев, 1991). На поверхню агару наносили по 0,1 мл розведень ( $10^{-4}$ – $10^{-6}$ ) ґрунтової суспензії контрольного та дослідного зразків і шпателем рівномірно розтирали по поверхні елективних середовищ. Чашки культивували у термостаті за температури 30 °C упродовж 3–10 діб, після чого підраховували кількість колоній і перераховували на 1 г ґрунту.

Підрахунок чисельності мікроорганізмів на елективних середовищах показав, що через місяць після внесення у ґрунт AFFF кількість амоніфікувальних, азотофіксувальних, целюлозоруйнівних мікроорганізмів, актинобактерій та грибів зростала порівняно з контролем. Можливо, ріст бактерій стимулювали добавки (наприклад, оцтовокислий амоній) або ж бактерії ґрунту здатні до розкладання фторосинтетичного плівкоутворювального піноутворювача, що є перспективним для створення біологічних препаратів – деструкторів стійких органічних фторовмісних забруднювачів.

**Buyun L.<sup>1</sup>, Tkachenko H.<sup>2</sup>, Kurhaluk N.<sup>2</sup>, Gyrenko O.<sup>1</sup>, Kovalska L.<sup>1</sup>, Góralczyk A.<sup>2</sup>**

**ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF THE ETHANOLIC EXTRACTS DERIVED FROM LEAVES OF *COELOGYNE BRACHYPTERA* RCHB.F. (ORCHIDACEAE)**

<sup>1</sup>*M.M. Gryshko National Botanic Garden, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Poland*

*22b, Arciszewski Str. 76-200 Słupsk, Poland*

*e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

The family Orchidaceae is not only one of the most numerous, ecologically, and morphologically diverse families of flowering plants, but also one of the most endangered plant taxa (Zhang et al., 2015). Orchids are widely and illegally harvested from the wild for local, regional, and international trade as ornamental and medicinal plants. The demand for medicinal orchids is drastically increasing since the international trade of medicinal plants is becoming a major force in the global economy (Hinsley et al., 2017). However, the natural source of these plants has been significantly reduced due to indiscriminate collection, global climate changes, the specificity of life-history strategies, including specialized pollination syndromes, and association with mycorrhizal fungi (Gravendeel et al., 2004). Therefore, to conserve orchid plants in the wild and to meet the demand for medicinal plant material, assessment of biological activity of plants maintained under glasshouse conditions and developing new biotechnologies for plant reproduction *in vitro* are urgently needed.

Thus, although the antimicrobial activity of many orchid species, including *Coelogyne* species, has been effectively established against a wide spectrum of microorganisms (Majumder et al., 1995, 2001, 2011; Chen et al., 2018), bacterial drug resistance continues to be a worldwide public health issue in the treatment of infectious diseases, thereby stimulating the search for new alternatives with fewer side effects (Mambe et al., 2019). The present study was aimed to determine the antibacterial activity of *Coelogyne brachyptera* Rchb. f. against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Pseudomonas aeruginosa* strains, clinically important bacteria, which are indicator organisms commonly used in various projects to monitor antibiotic resistance (Roser et al., 2016). *Coelogyne brachyptera* is found in Burma, Thailand, Cambodia, Laos, and Vietnam. It grows epiphytically in the primary mountain forest, the most frequent at an altitude of 1000 to

2500 meters above sea level (Averyanov et al., 2003). It is a sympodial orchid with pseudobulbs of one internode, narrowly conical, 4-angled, slightly grooved, pale green, carrying 2 leaves. The leaves are elliptic to elliptic-lanceolate, subacute, plicate, 7-nerved, with an undulate margin.

The leaves of *C. brachyptera* plants cultivated under glasshouse conditions were sampled at M.M. Gryshko National Botanic Garden (NBG, Kyiv, Ukraine). Since 1999 the whole collection of tropical and subtropical plants (including orchids) has had the status of a National Heritage Collection of Ukraine and is supported through State Funding. Besides, the NBG collection of tropical orchids was registered at the Administrative Organ of CITES in Ukraine (Ministry of Environment Protection, registration No. 6939/19/1-10 of 23 June 2004). Various databases are available for searching collections of living plants, confirming the taxonomic identity of having been reviewed, e.g. World Checklist of Orchidaceae (Govaerts et al., 2016), International Plant Names Index, The Plant List, the IUCN Red List (IUCN, 2013). The flowering of *C. brachyptera* under glasshouse condition at NBG was observed in March–April. The duration of anthesis of a single inflorescence did not exceed 2 weeks.

The collected leaves were brought into the laboratory for antimicrobial studies. Freshly sampled leaves were washed, weighed, crushed, and homogenized in 96 % ethanol (in proportion 1:19) at room temperature. The extract was then filtered and investigated for antimicrobial activity. For this study, a panel of organisms including *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 25923™) (*mecA* negative), *S. aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 29213™) (*mecA* negative, Oxacillin sensitive, weak  $\beta$ -lactamase producing strain), *S. aureus* NCTC 12493 (*mecA* positive, Methicillin-resistant, EUCAST QC strain for cefoxitin), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™), *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™), *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC® 27583™) were used. The cultivation medium was trypticase soy agar (Oxoid®, UK), supplemented with 10 % defibrinated sheep blood. Cultures were grown aerobically for 24 h at 37°C. The cultures were later diluted with a sterile solution of 0.9 % normal saline to approximate the density of 0.5 McFarland standard. The McFarland standard was prepared by inoculating colonies of the bacterial test strain in sterile saline and adjusting the cell density to the specified concentration (*CLSI, Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*, 2014). Strain tested was plated on TSA medium (Tryptone Soy Agar) and incubated for 24 hr at 37 °C. Then the suspension of microorganisms was suspended in sterile PBS and the turbidity adjusted equivalent to that of a 0.5 McFarland standard. The antimicrobial susceptibility testing was done on Muller-Hinton agar by the disc diffusion method (Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol). Muller-Hinton agar plates were inoculated with 200  $\mu$ l of standardized inoculum ( $10^8$  CFU/mL) of the bacterium and spread with sterile swabs (Bauer et al., 1966). Zone diameters were determined and averaged. Statistical analysis of the data obtained was performed by employing the mean  $\pm$  standard error of the mean (S.E.M.). All variables were randomized according to the phytochemical activity of the extract tested. All statistical calculation was performed on separate data from each strain. The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA) using Statistica software, v. 8.0 (StatSoft, Poland) (Zar, 1999). The following zone diameter criteria were used to assign susceptibility or resistance of bacteria to the phytochemicals tested: Susceptible (S)  $\geq$  15 mm, Intermediate (I) = 10–15 mm, and Resistant (R)  $\leq$  10 mm (Okoth et al., 2013).

The ethanolic extract obtained from leaves of *C. brachyptera* resulted in considerable suppression of *Staphylococcus aureus* strains' growth. Moreover, the differential efficacy of ethanolic extract obtained from leaves of *C. brachyptera* on the test organisms was noted. Consequently, the extract displayed intermediate antibacterial potency against *S. aureus*, i.e. the mean of inhibition zone diameters was (12.45 $\pm$ 1.18) mm, (12.51 $\pm$ 0.99) mm, and (12.87 $\pm$ 1.16) mm for *S. aureus* subsp. *aureus* (ATCC® 25923™), *S. aureus* subsp. *aureus* (ATCC® 29213™), and *S. aureus* NCTC 12493, respectively. On the other hand, *E. coli* exhibited lower susceptibility

for the impact of the ethanolic extract obtained from leaves of *C. brachyptera*. The mean of inhibition zone diameters was  $(12.11 \pm 1.02)$  mm and  $(10.40 \pm 0.95)$  mm for *E. coli* (ATCC® 25922™) and *E. coli* (ATCC® 35218™), respectively. *P. aeruginosa* (ATCC® 27583™) strain was the most resistant to the impact of the ethanolic extract obtained from leaves of *C. brachyptera* with the mean of inhibition zone diameter  $(9.53 \pm 0.95)$  mm. Moreover, the ethanolic extract obtained from leaves of *C. brachyptera* revealed significant antibacterial activity against studied strains compared to control samples (96% ethanol). A statistically significant increase ( $p < 0.05$ ) in inhibition zone diameters of strain growth was 47 % (for *S. aureus* subsp. *aureus* ATCC® 25923™), 40 % (for *S. aureus* subsp. *aureus* ATCC® 29213™), and 44 % (for *S. aureus* NCTC 12493). A non-significantly increase ( $p > 0.05$ ) in inhibition zone diameters of *E. coli* strains' growth was also observed (by 27 % for *E. coli* ATCC® 25922™ and by 31% for *E. coli* ATCC® 35218™, respectively).

The present study has revealed that ethanolic extract derived from the leaves *Coelogyne brachyptera* exhibited intermediated antibacterial activity against different Gram-positive and Gram-negative strains studied (inhibition zone diameter were ranged from 8.5 to 15.5 mm). Moreover, it has been observed that ethanolic extract obtained from the leaves *Coelogyne brachyptera* revealed the highest antibacterial activity against *S. aureus* strains (11.0-15.5 mm as the diameter of inhibition zone) compared to *E. coli* and *P. aeruginosa* strains. Nevertheless, there is still room for an in-depth investigation, to make these plants best use in medicine and veterinary and to select them as an alternative to bacterial resistance. The promising results on medicinal plants screening for antibacterial activity could be considered as primary information for further phytochemical and pharmacological studies. In particular, the next step in our further investigation will be HPLC-profiling of the plant extract to find new bioactive compounds from a natural source.

This study was carried out during the Scholarship Program supported by The Visegrad Fund in the Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk (Poland). We thank The Visegrad Fund for supporting our study.

**Buyun L.<sup>1</sup>, Tkachenko H.<sup>2</sup>, Kurhaluk N.<sup>2</sup>, Kharchenko I.<sup>1</sup>, Maryniuk M.<sup>1</sup>,  
Opryshko M.<sup>1</sup>, Gyrenko O.<sup>1</sup>, Góralczyk A.<sup>2</sup>**

**ASSESSMENT OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF ETHANOLIC EXTRACTS  
OBTAINED FROM LEAVES OF *CAMELLIA JAPONICA* CULTIVARS AGAINST  
*ESCHERICHIA COLI* STRAIN**

<sup>1</sup>*M.M. Gryshko National Botanic Garden, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Poland*

*Arciszewski Str. 22b, 76-200 Słupsk, Poland*

*e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

*Camellia japonica* L. is one of the best-known species of the genus *Camellia* that belongs to the Theaceae family and is widely grown in Korea and Japan (Lee et al., 2017; Jeon et al., 2018). As the ornamental plant, *Camellia japonica* is widely distributed worldwide. Previous studies have demonstrated that *Camellia japonica* has antioxidant activity. For example, Piao and co-workers (2011) investigating the antioxidant properties of the ethanol extract of the flower of *C. japonica* (*Camellia* extract), revealed that *Camellia* extract exhibits antioxidant properties by scavenging free radicals and enhancing antioxidant enzymes. Results of Kim and co-workers (2012) indicate that *C. japonica* oil exerts anti-inflammatory effects by downregulating the expression of the inducible isoform of nitric oxide synthase (iNOS) and cyclooxygenase-2 (COX-2) genes through inhibition of nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells (NF-κB) and activator protein 1 (AP-1) signaling. A daily oral administration of camellia oil distillate fraction effectively inhibited spontaneous lung metastasis of BL6 cells (Miura et al., 2007).

In our previous study, the *in vitro* antimicrobial activity of ethanolic extracts of leaves derived from *Camellia japonica* 'Kramer's Supreme', *C. japonica* 'C.M. Wilson', *C. japonica* 'La Pace', *C. japonica* 'Mrs. Lyman Clarke', *C. japonica* 'Benikarako', *C. japonica* 'Fanny Bolis' against clinical cefuroxime-resistant *Enterobacter cloacae* strain was evaluated (Kharchenko et al., 2019). It was revealed that *C. japonica* and its cultivars possess a mild antibacterial efficacy. The current study is a continuous line of our investigations directed towards the assessment of antibacterial potentials of *Camellia* plants. Thus, the present study was aimed to determine the antibacterial activity of six plant cultivars, i.e. *Camellia japonica* 'Kramer's Supreme', *C. japonica* 'C.M. Wilson', *C. japonica* 'La Pace', *C. japonica* 'Mrs. Lyman Clarke', *C. japonica* 'Benikarako', *C. japonica* 'Fanny Bolis' against *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™) strain. *Escherichia coli* is regarded among clinically important bacteria, which are indicator organisms commonly used in various projects to monitor antibiotic resistance (Boss et al., 2016).

The leaves of *Camellia japonica* 'Kramer's Supreme', *Camellia japonica* 'C.M. Wilson', *Camellia japonica* 'La Pace', *Camellia japonica* 'Mrs. Lyman Clarke', *Camellia japonica* 'Benikarako', *Camellia japonica* L. 'Fanny Bolis' plants cultivated at glasshouses under natural light, were sampled at M.M. Gryshko National Botanical Garden (Kyiv, Ukraine).

The *Camellia japonica* cultivars included in this study represent four various double flowers types, i.e. "paecony" ('Kramer's Supreme' and 'Benikarako'), "rose" ('C.M. Wilson' and 'La Pace'), "semi-double" ('Mrs. Lyman Clarke'), and "formal double" ('Fanny Bolis'). The collected leaves were brought into the laboratory for antimicrobial studies. Freshly washed leaves were crushed, weighed, and homogenized in 96 % ethanol (in proportion 1:19) at room temperature. The extracts were then filtered and investigated for their antimicrobial activity. The *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™) strain was used in the current study. Strain tested was plated on TSA medium (Tryptone Soy Agar) and incubated for 24 h at 37°C. Then the suspension of microorganisms was suspended in sterile PBS and the turbidity adjusted equivalent to that of a 0.5 McFarland standard. The antimicrobial susceptibility testing was done on Muller-Hinton agar by disc diffusion method (Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol) (Bauer et al., 1966). Zone diameters were determined and averaged. Statistical analysis of the data obtained was performed by employing the mean. All variables were randomized according to the antibacterial activity of tested extracts. All statistical calculation was performed on separate data from each extract. The data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) using Statistica software, version 8.0 (StatSoft, Poland) (Zar, 1999). The following zone diameter criteria were used to assign susceptibility or resistance of bacteria to the phytochemicals tested: Susceptible (S)  $\geq 15$  mm, Intermediate (I) = 10–15 mm, and Resistant (R)  $\leq 10$  mm (Okoth et al., 2013).

The crude extracts were analyzed for their antibacterial effect by the determination of their inhibitory zones against *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™) strain. Among the six plant extracts screened, *C. japonica* 'Kramer's Supreme' exhibited the highest inhibitory zones against the tested strain (the mean of the zone of inhibitions was  $14.1 \pm 1.1$  mm). The intermediate activity was presented by *C. japonica* 'La Pace' and *C. japonica* 'Mrs. Lyman Clarke' ( $11.5 \pm 0.9$  mm and  $11.5 \pm 1.1$  mm), *C. japonica* 'Fanny Bolis' ( $10.9 \pm 1.2$  mm), *C. japonica* 'Benikarako' ( $10.6 \pm 0.9$  mm), and *C. japonica* 'C.M. Wilson' ( $10.5 \pm 1.0$  mm) (Figs 2 and 3). The antibacterial effect of positive control was also recorded (the mean value of the inhibition zone was  $9.1 \pm 0.5$  mm). The increase of the mean of the diameters of the inhibition zone was 58.4% for *C. japonica* 'Kramer's Supreme', 29.2% for *C. japonica* 'La Pace' and *C. japonica* 'Mrs. Lyman Clarke', 22.5% for *C. japonica* 'Fanny Bolis', 19.1% for *C. japonica* 'Benikarako', and 18% for *C. japonica* 'C.M. Wilson' compared to the control samples (96% ethanol).

In this study, we investigated the antimicrobial activity of plant extracts by agar well diffusion. In the current study, *C. japonica* L. 'Kramer's Supreme', *C. japonica* 'C.M. Wilson',

*C. japonica* ‘La Pace’, *C. japonica* ‘Mrs. Lyman Clarke’, *C. japonica* ‘Benikarako’, *C. japonica* ‘Fanny Bolis’ were less potent against the test bacterium due to the observed zone of growth inhibitions. It is noteworthy to mention that this slight effect on the *E. coli* growth, Gram-negative organisms, is most likely due to the protective nature of the outer membrane of their cell walls. The comparison of our data, with those published by other authors, reveals the findings of other researchers. Greater resistance of Gram-negative bacteria to plant extracts has been reported (Joshi et al., 2009; Koohsari et al., 2015) and this could be attributed to the differences in their cell wall structure (Ikigai et al., 1993).

The results obtained in the current study are in line with early reports. The potential presence of naturally occurring antimicrobials in petals of *C. japonica* active against foodborne pathogens in microbiological media and food was studied by Kim and co-workers (2001). Petals of the *Camellia* flower were extracted with methanol and fractionated into basic, acidic, and neutral fractions. The acidic fraction produced an inhibitory zone of 14 to 19 mm (diameter) in a disk assay against the pathogens *Salmonella typhimurium* DT104, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Staphylococcus aureus* on agar plates. Similarly, an aqueous extract from the petals of *C. japonica* had an inhibitory effect on the growth of all pathogens at 37°C in microbiological media by increasing the lag phase. None of the microorganisms was inhibited completely. Milk was used as a model food system. Aqueous extract at a concentration of 100 mg/ml was bacteriostatic against all the foodborne pathogens in the milk stored at 25°C for up to 4 days (Kim et al., 2001).

In conclusion, the alcoholic extracts of *Camellia japonica* and its cultivars revealed mild antibacterial activity against *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™) strain. The antimicrobial ability of various samples of these plants might be due to a wide variety of compounds. The findings reported herein give scientific credence to the traditional uses of these plants and suggest that extracts derived from the leaves of *Camellia japonica* and its cultivars merit further chemical study as natural antibiotics to identify the secondary metabolites. These results could provide a theoretical basis for making full use of *Camellia japonica* and its cultivars. Moreover, their antibacterial activities can play an important role in medicine, veterinary, food preservation, and other aspects. Mechanisms of antibacterial activities remain to be studied.

*This study was carried out during the Scholarship Program supported by The Polish National Commission for UNESCO in the Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk (Poland). We thank The Polish National Commission for UNESCO for supporting our study.*

**Moroz A.<sup>1</sup>, Peretyatko T.<sup>1</sup>, Brodyak I.<sup>1</sup>, Kucharska A. Z.<sup>2</sup>, Sybirna N.<sup>1</sup>**

ANTIMICROBIAL EFFECT OF THE EXTRACTS OF RED AND YELLOW FRUITS  
OF CORNELIAN CHERRY (*CORNUS MAS* L.)

<sup>1</sup> Ivan Franko National University of Lviv  
4 Hrushevskyyi St., 79005 Lviv, Ukraine

<sup>2</sup> Wrocław University of Environmental and Life Sciences, C.K.  
25, Norwida Str., 50-375 Wrocław, Poland  
e-mail: Anna.Moroz@lnu.edu.ua

Pathogenic microorganisms cause infectious diseases. Infectious diseases are an important cause of death worldwide, accounting for approximately 50 % of all deaths. Despite the large number of synthetic drugs, scientists are searching for new natural remedies, in particular based on plant raw materials. Most powerful medicinal plants and herbs are able to provide significant support for the standard method of treatment at all stages of the disease.

The sources of biologically active substances that can have a beneficial effect on human health are fruits and vegetables. *Cornus mas* L. attracts the attention of researchers due to bioactive

components in fruits, that exhibit a number of effects under various pathological conditions. Extract of red fruits of cornelian cherry contains iridoids, anthocyanins, phenolic acids and flavonols. Instead, extract of yellow fruits of cornelian cherry does not contain anthocyanins, but contains more iridoids and phenolic acids. One of the main iridoid glycosides extracted from yellow fruits of *Cornus mas* L. is loganic acid. The amount of loganic acid is 98 % of total bioactive compounds in purified extract.

There is much information that iridoid glycosides have a positive effect on lipid metabolism, inflammation, exhibit antidiabetic properties, possesses distinguished neuroprotective effects. However, the effect of extracts of yellow and red fruits of cornelian cherry and the purified loganic acid extracted from yellow fruits on the growth of bacteria has not been examined enough.

Therefore, the aim of the study was to determine the antimicrobial activity of loganic acid and extracts of red and yellow fruits of the cornelian cherry (*Cornus mas* L.).

The antibacterial activity of the extracts was tested against Gram-negative bacteria (*Escherichia coli*) and Gram-positive bacteria (*Bacillus cereus*) using the microculture method. The bacterial strains were cultured for 24 h at 30 °C in a Tryptic Soy Broth (TSB) medium. The extracts were added to the media at working concentrations of 0.005, 0.025, 0.05, 0.25, 0.5, 2.5, and 5.0 mg/ml.

After analyzing the antimicrobial activity of the extracts we found that the extracts of yellow and red fruits of *Cornus mas* L. at concentrations of 2.5 and 5.0 mg/ml completely inhibited the growth of *Bacillus cereus*. Loganic acid did not cause a significant antimicrobial effect on this microorganism. Our results indicate that the extracts act as bacteriostatic agents depending on the composition of the extract and concentration. Therefore, the greatest influence on the growth of *Bacillus cereus* was observed with an extracts of fruits concentration of 2.5 and 5.0 mg/ml.

The extracts of red and yellow fruits of the cornelian cherry did not inhibit the growth of *Escherichia coli* both at low and high concentrations. No difference was observed between using extracts contents at 2.5 and 5.0 mg/ml concentrations. Increasing the concentration of loganic acid to 5 mg/ml also did not influence on the growth of these bacteria.

We can make an assumption that extracts of red and yellow fruits of cornelian cherry demonstrate antimicrobial activity. Such effect may be explained by presence of active components, such as polyphenols, anthocyanins and iridoids in the extracts, which may inhibit the growth of microorganisms.

**Opryshko M.<sup>1</sup>, Buyun L.<sup>1</sup>, Gyrenko O.<sup>1</sup>, Tkachenko H.<sup>2</sup>, Kurhaluk N.<sup>2</sup>, Góralczyk A.<sup>1</sup>**

EVALUATION OF ANTIBACTERIAL EFFICACY OF ETHANOLIC EXTRACT  
OBTAINED FROM *SYNGONIUM PODOPHYLLUM* SCHOTT (ARACEAE) LEAVES

<sup>1</sup>M.M. Gryshko National Botanic Garden, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Poland

22b, Arciszewski Str. 76-200 Słupsk, Poland

e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl

*Syngonium podophyllum* Schott (*Araceae*), also known as African evergreen, arrowhead vine, or Nephthytis, a parasitic vine that has large leaves in the adult form and is deeply lobed (Kumar et al., 2014; Yang and Deng, 2017). This plant widespread species originally ranging from native to humid forest floors of Central and South America (Croat, 1981, Chen et al., 2006). It is often cultivated as an interior ornamental in the form of potted plants or hanging baskets (Henley and Robinson 1993), or as an exterior greening by large-scale plantation (Henley and Robinson, 1993; Yang and Deng, 2017). *S. podophyllum* leaf is used against sore, dry skin, fungal infection, itching, rashes, and bruises. Leaves and bark of the plant are traditionally employed in the local folk medicine for their wound healing properties (Arvigo and Balick, 1998; Sosa et al., 2002; Kumar et al., 2014).

Antibacterial activity *S. podophyllum* leaves and bark against standard strains of *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, and *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 have screened by Camporese and co-workers (2003). The extract was able to inhibit the growth of one or more of the bacterial strains, except that of *Enterococcus faecalis*. Touqeer and co-workers (2014) have investigated the antibacterial and antifungal activities of methanolic extract of *Melaleuca decora* aerial parts and *S. podophyllum* whole plant. The bacteria tested included *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Proteus mirabilis*, and *Klebsiella pneumonia* whereas the fungal strains tested included *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Candida albicans*, and *Saccharomyces cerevisiae*. *S. podophyllum* possessed a narrow spectrum as compared to *M. decora*. The methanolic extract of the *S. podophyllum* was most active against *S. aureus* producing a zone of inhibition of 10 mm. Low activity was observed for *B. cereus* and *P. mirabilis* (7 mm) while *K. pneumonia*, *E. coli*, and *P. aeruginosa* were found to be insensitive to the plant extract.

This study aimed to evaluate the antibacterial activity of ethanolic extract obtained from the leaves of *S. podophyllum* against *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 29213™), *Staphylococcus aureus* (NCTC 12493) strains.

The leaves of *P. stratiotes* plants, cultivated under glasshouse conditions, were sampled at M.M. Gryshko National Botanic Garden (NBG), National Academy of Science of Ukraine (Kyiv, Ukraine). The leaves were brought into the laboratory for antimicrobial studies. Freshly sampled leaves were washed, weighed, and homogenized in 96 % ethanol (in proportion 1:19) at room temperature. The extracts were then filtered and investigated for their antimicrobial activity. The testing of the antibacterial activity of the plant extract was carried out *in vitro* by the Kirby-Bauer disc diffusion technique (Bauer et al., 1966). *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™) (Serotype O6, Biotype 1), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 29213™), *Staphylococcus aureus* (NCTC 12493) strains were used in our current study. The strains were inoculated onto Mueller-Hinton (MH) agar plates. Sterile filter paper discs impregnated with extract were applied over each of the culture plates. Isolates of bacteria were then incubated at 37 °C for 24 h. The plates were then observed for the zone of inhibition produced by the antibacterial activity of ethanolic extracts screened. A negative control disc impregnated with sterile ethanol was used in each experiment.

Zone diameters were determined and averaged. Statistical analysis of the data obtained was performed by employing the mean  $\pm$  standard error of the mean (S.E.M.). All variables were randomized according to the phytochemical activity of the extract tested. All statistical calculation was performed on separate data from each strain. The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA) using Statistica v. 8.0 software (StatSoft, Poland) (Zar, 1999). The following zone diameter criteria were used to assign susceptibility or resistance of bacteria to the phytochemicals tested: Susceptible (S)  $\geq$  15 mm, Intermediate (I) = 10–15 mm, and Resistant (R)  $\leq$  10 mm (Okoth et al., 2013).

The results obtained revealed that *S. podophyllum* extract exhibited antibacterial activity against *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 29213™), and *Staphylococcus aureus* (NCTC 12493) strains assessed by the mean inhibition zone diameters around the growth. The results of our study revealed that three strains exert high antibacterial susceptibility to the impact of the ethanolic extract obtained from the leaves of *S. podophyllum*. The highest value of inhibition zone diameters was observed for *Staphylococcus aureus* (NCTC 12493) strain ( $14.6 \pm 1.3$  mm) compared to the control

samples ( $8.8 \pm 1.0$  mm), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 29213™) strain –  $14.4 \pm 0.9$  mm compared to the control samples ( $9.4 \pm 0.54$  mm), and *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™) strain –  $15.6 \pm 1.1$  mm compared to the control samples ( $10.2 \pm 0.9$  mm). *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™) strain showed intermediate activity to an ethanolic extract obtained from the leaves of *S. podophyllum*. The mean inhibition zone diameters were  $11.5 \pm 1.6$  mm compared to the control samples ( $10.1 \pm 1.2$  mm).

This study demonstrates the antimicrobial activity of the crude extract derived from the leaves of *S. podophyllum*. The results revealed that the ethanolic extract was active against Gram-positive *S. aureus* and Gram-negative *E. coli* strains. The future study will be a focus also on the microbial strains of clinical origin, important from a practical point of view. Further studies on standard strains may give more promising results. Moreover, the plants also need to be studied for their biologically active compounds.

*This study was carried out during the Scholarship Program supported by The Visegrad Fund in the Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk (Poland). We thank The Visegrad Fund for supporting our study.*

**Pėkala-Safińska A.<sup>1</sup>, Tkachenko H.<sup>2</sup>, Kurhaluk N.<sup>2</sup>,  
Buyun L.<sup>3</sup>, Honcharenko V.<sup>4</sup>, Prokopiv A.<sup>4,5</sup>**

THE ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF LEAF EXTRACT OBTAINED  
FROM *FICUS BENJAMINA* L. (MORACEAE) AND ITS CULTIVARS  
AGAINST *AEROMONAS SOBRIA* STRAIN

<sup>1</sup>Department of Fish Diseases, National Veterinary Research Institute, Pulawy, Poland

<sup>2</sup>Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Poland  
22b, Arciszewski Str., 76-200 Słupsk, Poland

<sup>3</sup>M.M. Gryshko National Botanic Garden, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>4</sup>Ivan Franko National University in Lviv, Ukraine

<sup>5</sup>Botanic Garden of Ivan Franko National University in Lviv, Ukraine  
e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl

In this study, attention focused on the genus *Ficus* L., a genus with diverse ethnobotanical uses in its geographical distribution range, has occupied an important place among plant genera applied for the treatment of a broad spectrum of diseases and disorders. Among the pharmacological properties demonstrated for the compounds present in the genus *Ficus* are anticonvulsant, anti-inflammatory, analgesic, antimicrobial, antiviral, hypolipidemic, antioxidant, immunomodulatory, antiasthmatic, parasympathetic modulatory, estrogenic, antitumor, antiulcer, antianxiety, antihelminthic, analgesic, tonic, anti-diabetic, antipyretic, anti-inflammatory, antitussive, hepatoprotective activities, etc. (Ahmed and Urooj, 2010; Lansky and Paavilainen, 2011; Singh et al., 2011; Dangarembizi et al., 2012; Badgujar et al., 2014; Bunawan et al., 2014; Yadav et al., 2015). For all these reasons, plants belonging to the genus *Ficus* could be considered a priori as a good source of new natural compounds to treat, prevent, and control fish diseases in aquaculture.

*Ficus benjamina* L., also referred to as a weeping fig tree, is a multipurpose tree found in a large area including India, southern China, Southeast Asia, Malaysia, the Philippines, northern Australia, and the islands of the South Pacific (Riffle, 1998). It grows as a large evergreen shrub, up to 8 m tall, with nearly 10 m wide-spreading crown and drooping shoots with young slender twigs (Imran et al., 2014). It is one of the most popular indoor ornamental plants worldwide. The plant is well known due to its medicinal potential. Its latex and some fruit extracts are used by indigenous communities to treat skin disorders, inflammation, piles, vomiting, leprosy, malaria, nose-diseases, and cancer besides the use as a general tonic. The plant is also used

as an antimicrobial, antinociceptive, antipyretic, hypotensive, and anti-dysentery remedy. The leaves and twigs are used as insect repellants (Imran et al., 2014). The leaves, bark, and fruits of *F. benjamina* contain various bioactive constituents like cinnamic acid, lactose, naringenin, quercetin, caffeic acid, and stigmaterol (Sirisha et al., 2010). *F. benjamina* wood uses in aerobic biofiltration as a support medium for the treatment of Tequila vinasses (Marco Antonio et al., 2018).

In this study, we evaluated the antimicrobial activity of the ethanolic extracts of *F. benjamina* and its cultivars, i.e. *F. benjamina* ‘Safari’, ‘Baroque’, ‘Amstel Gold’, ‘Reginald’ against *Aeromonas sobria* to evaluate the possible use of this plant in preventing infections caused by this fish pathogen in aquaculture. Given that standardization and quality control are essential analytical steps to assure the correct identification of plant raw materials to be used as plant-derived medicines, the micromorphology of *Ficus benjamina* leaf surfaces has been investigated with SEM procedure. The need for constant incorporation of leaf micromorphology in pharmacological investigations has been emphasized in some recent papers (Bilić et al., 2019; Khan et al., 2020).

The current study was conducted as a part of an ongoing project between the Institute of Biology and Earth Sciences (Pomeranian University in Slupsk, Poland), National Veterinary Research Institute (Puławy, Poland), M.M. Gryshko National Botanic Gardens of National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine), and Ivan Franko National University in Lviv (Lviv, Ukraine) undertaken in the frame of cooperation program aimed at assessment of medicinal properties of tropical and subtropical plants, cultivated *in vitro*.

The leaves of *F. benjamina* and its cultivars (‘Safari’, ‘Baroque’, ‘Amstel Gold’, ‘Reginald’) were sampled at National Botanic Garden, National Academy of Science of Ukraine (Kyiv, Ukraine), and Botanic Garden of Ivan Franko National University in Lviv (Lviv, Ukraine). The sampled leaves were brought into the laboratory for antimicrobial studies. Freshly sampled leaves were washed, weighed, crushed, homogenized in 96 % ethanol (in proportion 1:10) at room temperature, and centrifuged at 3,000 g for 5 minutes. Supernatants were stored at -20 °C in bottles protected with the laminated paper until required.

*Aeromonas sobria* (K825) strain, originated from freshwater fish species such as common carp (*Cyprinus carpio* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum), respectively, was isolated in the Department of Fish Diseases, The National Veterinary Research Institute in Pulawy (Poland). Bacteria were collected from fish exhibiting clinical disorders. Each isolate was inoculated onto trypticase soy agar (TSA) (BioMérieuxPolska Sp. z o.o.) and incubated at 27°C±2°C for 24 h. Pure colonies were used for biochemical identifications, according to the manufacturer’s instructions, except the temperature of incubation, which was at 27 °C ± 1 °C. The following identification systems were used in the study: API 20E, API 20NE, API 50CH (BioMérieuxPolska Sp. z o.o.). Presumptive *Aeromonas* isolates were further identified to the species level by restriction analysis of 16S rDNA genes amplified by polymerase chain reactions (PCR) (Kozłowska, 2007). Antimicrobial susceptibility of the tested *Aeromonas sobria* was performed by the Kirby-Bauer disc diffusion method (1966) according to the recommendations of the Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2014). Each inoculum of bacteria in the density of 0.5 Mc McFarland was cultured on Mueller–Hinton agar for 24 h at 28±2 °C. Seven drugs representing different antimicrobial classes as quinolones, tetracyclines, sulphonamides, and phenicolswere used. After incubation, the inhibition zones were measured. Interpretation criteria have been adopted from that available for *Aeromonas salmonicida* (CLSI, 2006).

The sensitivity of *Aeromonas sobria* to selected *Ficus* extracts was determined by the Kirby–Bauer technique, by the guidelines of the Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) with our modifications. A suspension of each bacterial species was inoculated on Mueller-Hinton agar. Five wells per Petri dish with a diameter of 6 mm were made in the medium, and

plant extracts were added to them. Plates were incubated at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  for 24 h and the growth inhibition zones for each well were measured. The interpretation criteria for the phytochemicals tested were that a zone  $\geq 15$  mm was termed susceptible (S), one of 10–15 mm intermediate (I), and a  $\leq 10$  mm zone was indicative of a resistant microorganism (R) (Okoth et al., 2013). Ethanol at 96 % (POCH, Poland) strength as used to prepare the extracts was used as the negative control. Statistical analysis. Obtained data were analyzed statistically by employing the mean  $\pm$  standard error of the mean (S.E.M.). All variables were randomized according to the phytochemical activity of the tested ethanolic extracts.

Our results of the antimicrobial screening revealed, that *F. benjamina* and its cultivars possessed antibacterial properties against *Aeromonas sobria* strain. The ethanolic extract obtained from leaves of *F. benjamina* ‘Safari’ exhibited the maximum antimicrobial activity against *Aeromonas sobria* (the mean of inhibition zone diameters was  $26.19 \pm 1.32$  mm). *Aeromonas sobria* strain was susceptible to the *F. benjamina* ‘Amstel Gold’ ( $15.25 \pm 1.25$  mm) and ‘Reginald’ ( $16.25 \pm 1.10$  mm). *Aeromonas sobria* strain was the most resistant to *F. benjamina* ( $12.5 \pm 0.80$  mm) and *F. benjamina* ‘Baroque’ ( $13.63 \pm 0.75$  mm) leaf extracts. Moreover, in our previous study (Buyun et al., 2018), we have evaluated the *in vitro* effect of extracts obtained from leaves of *F. benjamina* and its cultivars on the oxidative stress biomarkers (carbonyl content of the oxidatively modified proteins, total antioxidant capacity) in the muscle tissue of the rainbow trout. Our results have shown that extracts obtained from leaves of *F. benjamina* ‘Safari’ and ‘Reginald’ cultivars decreased non-significantly the lipid peroxidation biomarker and the ketonic derivatives of oxidatively modified proteins levels in the muscle tissue. Furthermore, our results showed that extracts obtained from leaves of *F. benjamina* and its cultivars increased substantially the total antioxidant capacity in muscle tissue by 76.9 % (*F. benjamina*), 66.9 % (*F. benjamina* ‘Safari’), 70.5 % (*F. benjamina* ‘Baroque’), 49.4 % (*F. benjamina* ‘Amstel Gold’), and 42.8 % (*F. benjamina* ‘Reginald’) ( $p < 0.05$ ). The results of this study provide a new perspective on the use of various *Ficus* species as a medicinal plant to improve the antioxidant response of rainbow trout (Buyun et al., 2018).

The present study was carried out to provide evidence of the antibacterial potency of the extracts obtained from leaves of *F. benjamina* and its cultivars as a potential source of natural antimicrobial agents. *F. benjamina* disclosed substantial bioactivity, and this plant can be regarded as a potential source of antibacterial agents. In conclusion, the results of this study provide a new perspective for the use of various *Ficus* species as medicinal plants to improve the antibacterial responses in aquaculture. Further studies including the use of other medicinal plants as food additives in aquaculture, the assessment of their antioxidant effects on various tissues of salmonids are in progress.

This study was carried out during the Scholarship Program supported by The International Visegrad Fund in the Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk (Poland). We thank The International Visegrad Fund for supporting our study.

**Sokolowski W., Włodarczyk K., Kowalczyk B., Wdowiak-Wróbel S., Marek-Kozaczuk M.**  
BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF ENDOPHYTIC *METHYLOBACTERIUM* STRAINS ISOLATED FROM ROOT NODULES OF LEGUMINOUS PLANTS

*Maria Curie-Skłodowska University in Lublin*  
*Department of Genetics and Microbiology*  
*19, Akademicka St., 20-033 Lublin, Poland*  
*e-mail: wojciech.sokolowski@poczta.umcs.lublin.pl*

Microorganisms of the *Methylobacterium* genus are widespread in nature. These pink-pigmented, Gram-negative, facultative methylotrophs (PPFMs) are able to utilize methanol and

other one-carbon compounds as a sole carbon and energy source. Many strains of *Methylobacterium* represent PGPB (Plant Growth Promoting Bacteria) and, consequently, exhibit a number of different mechanisms of promotion of plant growth and development, e.g. production of auxins and other phytohormones or triggering induced systemic resistance (Green and Ardley, 2018). Some bacteria can also decompose or biotransform hazardous chemical waste and help plants tolerate increased levels of heavy metals in soil (Dourado et al., 2015).

Bacterial strains were isolated from root nodules of various legume plants, growing in south-eastern Poland. The strains are kept at the Department of Genetics and Microbiology collection, Maria Curie-Skłodowska University. In this study, enzyme profiles of eight endophytic, potentially PGP *Methylobacterium* strains have been characterized with the Api Zym system (bioMérieux), according to the manufacturer's instructions. This widely used semi-kit is composed of 19 various substrates for rapid identification (after 4-4 ½ hours) of the activity of 19 hydrolytic enzymes using bacterial cultures (Jatt et al., 2018).

The enzymatic characterization with the API-ZYM system revealed esterase lipase (C8), leucine arylamidase, trypsin, and acid phosphatase positive reactions in the case of all tested strains. Moreover, five of them exhibited naphthol-AS-BI-phosphohydrolase activity; one strain was positive to valine arylamidase and one to  $\alpha$ -glucosidase. It should be mentioned that the presence of hydrolases is important for plant-endophyte interactions. Enzyme profiling analyses were performed for preliminary evaluation of the potential of the strains to be used in agriculture and industry. The results will be used to design further analyses of the tested strains.

**Stefanowski N., Tkachenko H., Kurhaluk N.**

PRELIMINARILY EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF AN  
EXTRACTS DERIVED FROM LEAVES AND ROOTS OF *CHELIDONIUM MAJUS* L.  
SAMPLED IN RURAL AND URBAN AGGLOMERATIONS OF NORTHERN POLAND

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Slupsk, Poland*  
22B, Arciszewski Str., 76-200 Slupsk, Poland  
e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl

*Escherichia coli*, a rod-shaped Gram-negative bacterium and a member of the bacterial family of *Enterobacteriaceae*, is the most prevalent commensal inhabitant of the gastrointestinal tracts of humans and warm-blooded animals, as well as one of the most important pathogens. As a commensal, it lives in a mutually beneficial association with hosts and rarely causes disease. It is, however, also one of the most common human and animal pathogens as it is responsible for a broad spectrum of diseases such as diarrhea, hemolytic uraemic syndrome, and hemorrhagic colitis leading to acute renal failure and often death (Allocati et al., 2013; Jang et al., 2017).

Greater celandine (*Chelidonium majus* L., Papaveraceae) is a perennial plant growing in regions of moderate climate, on the continents of Europe, Asia, North America, and a part of Northwest Africa. In Poland, it is found across the entire country (Nawrot et al., 2020). The greater celandine herb is rich in medically valuable natural compounds. Their highest amounts are contained in immature fruits (2.4 %) and roots (4 %), while the aerial parts of the plant contain around 0.5% of active compounds. Crude extracts of several alkaloids extracted from *C. majus* exhibited antimicrobial, antiviral, and antifungal properties (Jyoti, 2013; Nawrot et al., 2020). The current study was designed to test the antibacterial efficacy of ethanolic extract prepared from leaves and roots Greater celandine was collected from rural and urban areas against *Escherichia coli* strains, clinically important bacteria, which is indicator organisms commonly used in various projects to monitor antibiotic resistance.

Plants material were harvested from natural habitats on the territory of the Kartuzy district (54°20'06"N 18°12'05"E) in the Pomeranian Voivodship (northern part of Poland). Raw materials were collected from urban and rural agglomerations. Freshly crushed leaves and roots

were washed, weighed, and homogenized in 96% ethanol (in proportion 1:19, w/w) at room temperature. The extracts were then filtered and investigated for their antimicrobial activity.

The testing of the antibacterial activity of the plant extract was carried out *in vitro* by the Kirby-Bauer disc diffusion technique (Bauer et al., 1966). *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™) (Serotype O6, Biotype 1), the strain was used in our current study. The strains were inoculated onto Mueller-Hinton (MH) agar plates. Sterile filter paper discs impregnated with extract were applied over each of the culture plates. Isolates of bacteria were then incubated at 37 °C for 24 h. The plates were then observed for the zone of inhibition produced by the antibacterial activity of ethanolic extracts screened. A negative control disc impregnated with sterile ethanol was used in each experiment. At the end of the period, the diameters of inhibition zones formed were measured in millimeters using the vernier. For this plant extract, eight replicates were assayed. The plates were observed and photographs were taken. The susceptibility of the test organisms to the plant extracts was indicated by a clear zone of inhibition around the holes containing the plant extracts and the diameter of the clear zone was taken as an indicator of susceptibility.

Zone diameters were determined and averaged. Statistical analysis of the data obtained was performed by employing the mean  $\pm$  standard error of the mean (S.E.M.). All variables were randomized according to the phytochemical activity of the extracts tested. All statistical calculation was performed on separate data from each strain. The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA) using Statistica v. 8.0 software (StatSoft, Poland) (Zar, 1999). The following zone diameter criteria were used to assign susceptibility or resistance of bacteria to the phytochemicals tested: Susceptible (S)  $\geq$  15 mm, Intermediate (I) = 10–15 mm, and Resistant (R)  $\leq$  10 mm (Okoth et al., 2013).

The extracts derived from leaves and roots of *C. majus* collected from the rural and urban agglomeration have shown antibacterial activity against the entire tested organisms. The extracts derived from roots collected in urban agglomeration have shown more considerable activity against the *E. coli* strain. The mean diameters of inhibition zones were ( $8,5 \pm 0,65$ ) mm compared to the control sample ( $8,1 \pm 0,75$ ) mm. Similar results were obtained from the extracts derived from leaves collected in rural agglomerations, i.e. ( $8,27 \pm 0,19$ ) mm compared to the control samples. The leaf extracts have exhibited fewer antimicrobial activities against *E. coli*. The mean of the inhibition zone diameters was ( $8,0 \pm 0,16$ ) mm. Finally, the ethanolic extracts derived from roots of *C. majus* collected from rural agglomerations exhibited weak antibacterial activity against *E. coli* (mean of inhibition zone ranged  $7,93 \pm 0,23$  mm).

Similarly, Zuo and co-workers (2008) described the antibacterial effect of extracts and compounds isolated from the aerial part of *C. majus* acting against clinical strains of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). The selective antibacterial activity reported in their study for 8-hydroxylated benzo[c]phenanthridine-type alkaloids isolated from *C. majus* opens the possibility that they could be helpful for the developing of new antibacterial agents for treating the infection of MRSA (Zuo et al., 2008). Of the six compounds determined in the study of Meg and co-workers (2009), 8-hydroxydihydrosanguinarine and 8-hydroxydihydrochelerythrine demonstrated potent activity with the minimum inhibitory concentration (MIC) ranges of 2-80 and 4-100  $\mu\text{g/mL}$ , respectively. Dihydrosanguinarine, dihydrochelerythrine, sanguinarine, and chelerythrine had some degree of antifungal activity. The results of Zielińska and co-workers' (2019) study have shown that roots contained a higher number and amounts of alkaloids in comparison to aerial parts. All tested plant extracts manifested antimicrobial activity, related to different chemical structures of the alkaloids. Root extract used at 31.25-62.5 mg/L strongly reduced bacterial biomass. From the seven individually tested alkaloids, chelerythrine was the most effective against *P. aeruginosa* (MIC at 1.9 mg/L), while sanguinarine against *S. aureus* (MIC at 1.9 mg/L). Strong antifungal activity was observed against *C. albicans* when chelerythrine, chelidone, and aerial parts extract were used (Zielińska et al., 2019).

Thus, *C. majus* merit further biochemical and chemical study as natural antibiotics to identify the secondary metabolites. However, isolation and characterization of the active ingredients in this plant together with their mechanisms of action on pathogens are still open for further investigations.

**Velykyi V., Stupchuk M., Voznesenskaya T.**

SIRT-1 MEDIATE CELL DEATH TYPE AND DNA REPARATION  
IN THE ADAPTIVE IMMUNE CELLS

*Bogomoletz Institute of Physiology of NASU, Ukraine  
4, Bogomoletz Str., Kyiv 01024, Ukraine  
e-mail: vport@biph.kiev.ua*

Nuclear Sirtuin-1 or SIRT-1 is a member of the family of NAD<sup>+</sup> dependent protein deacetylase. Previous studies have showed that SIRT-1 is involved in processes related to programmed cell death mechanisms, cell aging, it also can activate tumor suppressor genes, maintain energy metabolic hemostasis, and can reverse innate and adaptive immune tolerance (Martin et al., 2018; Molla et al., 2020). Moreover, it plays role in cellular senescence, inflammatory signaling in response to environmental stress, development and placental cell survival (Rahman, 2011).

This research is aimed to examine in vitro modulation SIRT-1 activity (inhibition and activation) and its effects on DNA repair and cell death type of B- and T-cells under oxidative stress.

For examination effects on DNA repair and cell death type, we isolated immune cells from the thymus and inguinal lymph nodes of Albino line mice, adult females weight 18-20 g. B- and T-cells were cultivated with 20 μM resveratrol (specific activator of SIRT-1) or 5 mM nicotinamide (unspecific inhibitor of SIRT-1) in RPMI 1640 media with 100 μM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (oxidative stress factor) during 1 hour at 37 °C in the natural atmosphere. Control groups cells were cultivated in RPMI media with 100 μM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> for 1 hour at 37 °C in a natural atmosphere. For detection of live, necrotic and apoptotic cells a combination of Propidium iodide and HOECHST 33342 dyes solution and fluorescent microscopy imaging were used. DNA-comet assay (alkaline) method was used for DNA damages detection. After cells lysis in agarose gel we used electrophoresis in alkaline buffer. In this conditions damaged parts of DNA formed comet tail in direction to anode. After electrophoresis we dyed DNA by 4',6-diamidino-2-phenylindole (DAPI) and counted comets using fluorescent microscopy imaging. We separated DNA-comet by tail length to 5 groups of damage (0-1 groups are minor damaged, 2-4 groups are strong damaged) and also damage index was counted for each experimental groups. Damage index formula:  $I_{dc} = (0 \times n_0 + 1 \times n_1 + 2 \times n_2 + 3 \times n_3 + 4 \times n_4) / \sum$ ; where n<sub>0</sub>-n<sub>4</sub> – number of each type comets in sample,  $\sum$  – total number of counted comets. We used Student's t-test for statistical analysis, p<0,05.

We showed in our research that SIRT-1 activation by resveratrol leads to increasing immune cells resistance to oxidative stress. For B-cells survival rate 10,3 % increased and for T-cells 13,1 % increased. Necrosis rate is decreased for B-cells and for T-cells to 14,2 % and 11,5 % in accordance. Apoptosis rates have a trend to increase for B- and T-cells. Usage of resveratrol decrease damage index for T-cells to 1,84 (oxidative stress control is 2,86). For B-cells index decrease to 2,59 from oxidative stress control 3,22. SIRT-1 activator drives to decrease percent of 3 and 4 type of damage and increase percent of 0, 1 and 2 types damage in the samples. Percent of T-cells with strong damage decrease by 33,75 %, for B-cells same parameter decrease by 1 %. Inhibition of SIRT-1 by nicotinamide leads to less survival ability of immune cells and promotes increasing of apoptosis. For B-cells survival rate decreased up to 5,2 % and for T-cells decreased up to 6,8 %. Apoptosis rate is increased for B-cells and for T-cells to 3,3 % and 4,8 % in accordance. Necrosis rate for B-cells increases up to 3,5 %, necrosis rate for T-cells have trend

to increase. Usage of nicotinamide showed trend to decrease damage index for T-cells and B-cells. Significant ration changes between groups of damages wasn't observed.

Thus, B-cells are more sensitive to oxidative stress, T-cells are more resistant to oxidative stress and showed stronger SIRT-1 activity modulation response in comparison to B-cells. SIRT-1 activation increase resistance to oxidative stress in immune cells. Usage of resveratrol leads to increasing immune cells survival, autophagy and DNA-reparation, at the same time it drives to decreasing necrosis rate. Inhibition of SIRT-1 by nicotinamide leads to less survival ability of immune cells and promotes increasing of apoptosis and necrosis rates and didn't show any significant effects on DNA reparation.

**Yanchuk L.<sup>1,2</sup>, Dmytruk O.<sup>1</sup>, Dmytruk K.<sup>1</sup>, Sibirny A.<sup>1,3</sup>, Yavorska H.<sup>2</sup>**

THE MECHANISM OF FORMALDEHYDE DEHYDROGENASE DEGRADATION  
IN METHYLOTROPHIC YEAST *KOMAGATAELLA PHAFFII*

<sup>1</sup>*Institute of Cell Biology, NAS of Ukraine  
14/16, Drahomanov Str., Lviv, 79005, Ukraine*

<sup>2</sup>*Ivan Franko National University of Lviv  
4, Hrushevskiyi Str., Lviv, 79005, Ukraine*

<sup>3</sup>*University of Rzeszow  
4, Zelwerowicza Str., 35-601 Rzeszow, Poland  
e-mail: lesia.yanchuk@gmail.com*

Today, the mechanisms of degradation of own cytosolic proteins, as well as of recombinant foreign proteins of biotechnological significance with cytosolic localization in methylotrophic yeasts, remain unclear. Autophagy dysfunction is associated with cancer, neurodegeneration, microbial infection and aging, therefore, the study of various aspects of autophagy on a model object (methylotrophic yeast) and extrapolation of the obtained data to other eukaryotic organisms may be important for medicine.

Many enzymes of methanol metabolism of methylotrophic yeasts are located in peroxisomes whereas some of them have the cytosolic localization. During shift of methanol grown cells of methylotrophic yeasts to glucose medium, a decrease in the activity of cytosolic (formaldehyde dehydrogenase (FLD), formate dehydrogenase (FDH), fructose-1,6-bisphosphatase (FBP)) enzymes of methanol metabolism is observed. Inactivation of peroxisomal enzymes occurs due to the autophagic degradation (pexophagy) whereas mechanisms of inactivation of cytosolic enzymes remain unknown. We aimed to study of the mechanisms of FLD degradation in methylotrophic yeasts *Komagataella phaffii*.

The changes of the specific activity of FLD in the wild type strain GS200 and strain defected in autophagy pathway SMD1163 of *K. phaffii* in short-term and long-term induction with methanol, and with or without the addition of the MG132 (proteasome degradation inhibitor) was investigated. To confirm FLD degradation pathway the recombinant strains with GFP-labeled Fld of *K. phaffii* were constructed on the background of GS200 and SMD1163. Degradation of Fld by the Western blot analysis in GS200 and SMD1163 strains with GFP-labeled Fld was studied. The fluorescent microscopy analysis of the constructed strains was made. It was shown that the effect of the proteasome inhibitor MG132 was insignificant. FLD degrades by a vacuolar pathway, regardless of the duration of methanol induction, which correlates with the activity data of this enzyme.

## **ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН, БІОМЕДИЦИНА HUMAN AND ANIMALS PHYSIOLOGY, BIOMEDICINE**

**Горбань Д., Селіванова Є., Козловська Ю.**

**ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КОНСТИТУЦІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЛЮДИНИ  
ТА ЇХ ТИПУ ВИЩОЇ НЕРВОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького  
вул. Гетьманська, 20, м. Мелітополь, Запорізька обл., 72312, Україна  
e-mail: horban\_daria@mdp.u.edu.ua*

**Horban D., Selivanova E., Kozlovskaya Yu. RELATIONSHIP BETWEEN CONSTITUTIONAL FEATURES OF PEOPLE AND THEIR TYPE OF HIGHER NERVOUS ACTIVITIES.** The aim of the research was to try to assess the physical development of young people and to trace the relationship between the type of higher nervous activity of students with their psychosomatotype. Sheldon's scheme was used to characterize psychosomatotypes. For diagnosed the types of higher nervous system used the method of G. Eisenko «The type of temperament». We found that strong, mobile types of higher nervous activity dominated among students 17-18 years of mesomorphic psychosomatotype.

Одним із підходів до прогнозування здоров'я є оцінка психосоматичної конституції людини. Адаптивна здатність і сприйнятливість до різних захворювань пов'язані з приналежністю до певних конституційних типів. Сьогодні в рамках загального аналізу рівня психосоматичного здоров'я спостерігається тенденція до постійного збільшення кількості молодих людей із поганим станом здоров'я, що визначає актуальність та пріоритетність досліджень у цій галузі (Станішевська, Горна, 2020).

В дослідженнях брали участь студенти-добровольці 17–18 років Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького. Дослідження проводили відповідно до сучасних вимог біоетики. Визначення антропометричних показників проводили за загальноприйнятою схемою вимірювання поздовжніх, охватних і вагових параметрів тіла людини (Аносов, 2008). Для характеристики психосоматотипів використовували схему В. Шелдона (Sheldon, 1969). Для діагностики типів вищої нервової системи використовували методіку Г. Айзенка «Дослідження типу темпераменту».

У результаті дослідження було виявлено такий взаємозв'язок.

Сильний, рухливий, врівноважений тип вищої нервової діяльності (ВНД) був характерний для студентів мезоморфного психосоматотипу та рідше траплявся у студентів екторморфного психосоматотипу.

Сильний, рухливий, нерівноважений тип ВНД найчастіше траплявся у досліджуваних мезоморфного психосоматотипу, рідше екторморфного та лише у 1 % дівчат з ендоморфним психосоматотипом.

Сильний, інертний, врівноважений типи ВНД найчастіше траплявся у досліджуваних осіб юнацького віку ендоморфного та мезоморфного психосоматотипу.

Слабкий, інертний, нерівноважений типи ВНД був характерний всім психосоматотипам, а найбільший відсоток мали студенти з ендоморфним та мезоморфним психосоматотипом, рідше траплявся у студентів екторморфного психосоматотипу.

Таким чином, сильні, рухливі типи вищої нервової діяльності (ВНД) домінували серед студентів мезоморфного психосоматотипу. Мезоморфи схильні до наполегливості, енергійні, цінують силу, ризик і мужність. Ці всі якості проявляються і в сильних рухливих типах ВНД, що свідчить про достовірність взаємозв'язку психосоматотипів студентів з їхнім типом ВНД.

**Гурза В., Ваташук М., Байляк М., Лушак В.**

**ВПЛИВ РІЗНИХ ТИПІВ ДІЄТ НА МАСУ ТІЛА Й ІНТЕНСИВНІСТЬ  
СПОЖИВАННЯ ЇЖИ У МИШЕЙ**

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
вул. Шевченка 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна  
e-mail: viktoriahurza@gmail.com*

**Hurza V., Vatashchuk M., Bailiak M., Lushchak V.** INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF DIETS ON BODY WEIGHT AND INTENSITY OF FOOD CONSUMPTION IN MICE. High fat diet based on margarine led to weight gain in male and female C57Bl/6j mice and was accompanied by decreasing total food and water consumption. Chamomile decoctions or intermittent fasting had no significant effects on food and water consumption and prevented weight gain in margarine-fed males but not in females.

Кількість і тип споживаного жиру можуть мати різний вплив на здоров'я. До категорії жирних продуктів включають маргарин. Основа маргарину – це рослинні жири, які піддаються обробці з утворенням певної кількості небезпечних транс ненасичених жирних кислот. Як висококалорійний продукт маргарин у надлишку може призводити до метаболічних порушень і ожиріння. Багатьма дослідженнями показано, що рослинні поліфеноли здатні коригувати метаболічні порушення. У фокус нашої уваги потрапила ромашка лікарська, квіти якої багаті на поліфенольні сполуки – флавоноїди. Квіти ромашки мають антиоксидантні та протизапальні властивості, проте її вплив у контексті метаболічних порушень недостатньо вивчений. Метою нашої роботи було дослідити вплив маргариновмісної їжі окремо й на фоні споживання водного відвару з квітів ромашки лікарської та впливу періодичного голодування на деякі фізіологічні показники у мишей.

Одномісячних мишей лінії C57Bl/6j було поділено на чотири групи. Перша група (контрольна) споживала базовий корм із вмістом жирів 6,3 %. Другій, третій і четвертій групі мишей додавали до корму маргарин 70 %-ної жирності. При цьому миші мали можливість вибору (їсти базову їжу чи маргарин). Друга група споживала додатково лише маргарин. Третій групі замість води давали розведений водою (1:1) відвар із квітів ромашки, приготований у співвідношенні 1:30 (г сировини : мл води). Четверту групу годували через день (режим періодичного голодування). Всі миші мали необмежений доступ до води. Тварини перебували на дієтах протягом 4 місяців. Упродовж експерименту фіксували (щотижнево) зміну маси тіла, кількість спожитої води та їжі.

У мишей обох статей на дієті з маргарином спостерігали збільшення маси тіла, порівняно з контрольними особинами. Так, на кінець експерименту маса дослідних самців і самок була на 13 і 10 % вищою, ніж маса відповідних контрольних мишей. У самців, але не самок, які споживали відвар ромашки, на кінець експерименту маса тіла була нижчою, ніж на дієті з маргарином. За періодичного голодування маса самок була нижчою, ніж на дієті з маргарином. Як у самців, так і у самок на дієті з маргарином загальна кількість спожитої їжі була нижчою від такої у контрольних груп (на 25 і 30 % для самців і самок відповідно). Додавання в раціон відвару з квітів ромашки не впливало на інтенсивність споживання їжі. За періодичного голодування самки, але не самці споживали більше їжі, ніж група, яка споживала дієту з маргарином постійно. Самці та самки на маргариновій дієті споживали на 14 і 28 % менше води, ніж контрольні особини. Також на дієті з відваром ромашки та за умов періодичного голодування тварини пили менше, ніж тварини контрольної групи. У самців і самок, які споживали маргарин, зріс індекс маси тіла, порівняно з особинами, які вживали звичайний корм. У самок на періодичному голодуванні спостерігали підвищення індексу маси тіла, порівняно з особинами, що споживали маргарин. За споживання відварів із квітів ромашки індекс маси тіла у обох статей не відрізнявся у такого у маргаринової групи.

Таким чином, тривале споживання маргарину призводить до зростання маси тіла у самок і самців мишей, при цьому загальна кількість спожитої їжі та води зменшується. Відвар із квітів ромашки та періодичне голодування на фоні впливу маргарину запобігають зростанню маси тіла у самців, але не у самок.

**Зінченко В., Малей Х., Демчук С., Гренюх В., Іккерт О., Бабський А.**

**ВПЛИВ ПОХІДНОГО БЕНЗОФУРАНУ У КОМБІНАЦІЇ З ПОЛІМЕРНИМИ НОСІЯМИ НА МАСУ І ТРИВАЛІСТЬ ЖИТТЯ МИШЕЙ З ЛІМФОМОЮ NK/LY**

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

**Zinchenko V., Malei H., Demchuk S., Hreniukh V., Ikkert O., Babsky A.** INFLUENCE OF THE BENZOFURAN DERIVATIVE IN COMBINATION WITH POLYMER CARRIERS ON WEIGHT AND LIFE DURATION OF MICE WITH NK / LY LYMPHOMA The effect of the newly synthesized thiazole derivative on the mice with Nemeth-Kelner lymphoma (NK/Ly) was investigated. Mice received the synthesized thiazole with different polymire carriers at concentrations 1mg / kg of live weigh. All tumor carriers had a significant increase in weight compared to the control. The injection of the derivateive in combination with different polymire carriers did not cause statistical changes in the weight or duration of the mice.

Онкологічні захворювання займають друге місце у світі серед причин смертності населення після серцево-судинних захворювань. У зв'язку з цим відбувається інтенсивний пошук нових ефективних протипухлинних препаратів (Finiuk et al., 2017). Перспективною групою речовин із широким спектром дії є похідні тiazолів, які виявляють протигрибкову, противірусну, протизапальну та антидепресивну активність (Туров та ін., 2012). Особливий інтерес становлять похідні 2-аміно-5-бензил-1,3-тіазолу як потенційні протипухлинні препарати. Наявні у їхній структурі тiazольні та бензофуранові гетероцикли можуть визначати цитотоксичні властивості речовин і їхню специфічність (LeBleu et al., 2014). Попередньо встановлено виражену цитотоксичну дію новосинтезованих похідних тiazолу на окремі лінії пухлинних клітин [Finiuk, 2017; 2018].

Метою роботи було дослідити вплив похідного тiazолу (N-(5-бензил-1,3-тіазол-2-іл)-3,5-диметил-1-бензофуран-2-карбоксамід, БФ) на виживання та зміни маси мишей з лімфомою NK/Ly. Досліджувану речовину сполучали з полімерними носіями різних типів, які підвищують розчинність фінального комплексу та дають речовині змогу краще проникати у досліджуваний організм [Heffeter et al., 2013]

Дослідження проводили на нелінійних мишах-самцях масою 20–30 г з прищепленою лімфомою NK/Ly. Миші було розділено на 11 груп, які утримувалися у 2 клітках. з рівномірним представленням особин кожної групи. Асцитну форму лімфоми прищеплювали методом внутрішньочеревної інокуляції. На наступний день після інокуляції мишам-пухлиноносіям протягом 10 днів внутрішньочеревно вводили розчин речовини у кінцевій концентрації 1 мг/кг живої маси щодругий день у об'ємі 200 мкл. Протягом експерименту щоденно вимірювали масу кожної особини. На підставі цих даних розраховували середню тривалість життя миші у кожній групі, усереднені зміни нормалізованої маси протягом експерименту. Статистичну обробку результатів досліджень проводили з використанням програми MS Excel. Для оцінки достовірності вираховували коефіцієнт Стьюдента. Достовірною вважали різницю між групами даних з  $P \geq 0,05$ .

У результаті досліджень виявлено, що у мишей групи 1 (контроль) протягом експерименту маса рівномірно зростала до 138 % від маси на початку експерименту. У мишей 2 групи (лімфома контроль) маса зростала до 150 (10 день) та 178 % (20 день). У мишей 9 групи (введення БФ+A24ПЕГ) маса зростала зі 100 до 162 (10 день), 187 (20

день) до 179 % (22 день). У мишей 10 групи (введення БФ+ поліПЕГМА475) маса зростала зі 100 до 148 (10 день), 174 (20 день) та 206 % (24 день). У мишей 11 групи (введення БФ+ полі(ПЕГМА-ко-ДММ) маса зростала зі 100 до 160 (10 день), 223 (20 день) та 219 % (26 день). Тривалість життя мишей у перелічених групах становила 32, 20,5±0,6, 20 ±1,03, 22,6±1,53 та 21,25±1,65 днів.

Отже, введення досліджуваної речовини мишам-пухлиноносцям *in vivo* не спричиняло змін маси чи тривалості життя мишей порівняно з контрольною групою мишей-пухлиноносців.

**Колінько Л., Весніна Л.**

### ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПРЕСІЇ SIRT1 В МОНОЦИТАХ/МАКРОФАГАХ ПЕРИФЕРИЧНОЇ КРОВІ ОСІБ ІЗ РІЗНОЮ МАСОЮ ТІЛА

*Українська медична стоматологічна академія, м. Полтава  
вул. Шевченка, 23, м. Полтава, 36011, Україна  
e-mail: ludmilakolinko17@gmail.com*

**Kolinko L., Vesnina L. PECULIARITIES OF SIRT1 EXPRESSION IN PERIPHERAL BLOOD MONOCYTES / MACROPHAGES OF INDIVIDUALS WITH DIFFERENT BODY WEIGHT.** NAD<sup>+</sup>-dependent deacetylase sirtuin-1 (SIRT1) regulates the activity of transcription factors, which are known as key contributors to inflammatory processes, and in particular, to low-grade chronic inflammation in the development of obesity. SIRT1 promotes the action of epigenetic mechanisms by deacetylation of histones and transcription factors. SIRT1 affects the formation of the polarization profile of macrophages by pro- and anti-inflammatory phenotype indirectly through the main transcription factors STAT1 and STAT6 of the signaling cascade. But the peculiarities of the regulation of macrophage polarization with the SIRT1 participation in the development of obesity are still remaining unclear.

NAD<sup>+</sup>-залежна деацетилаза сиртуїн-1 (SIRT1) регулює активність факторів транскрипції, які є ключовими учасниками запальних процесів, зокрема, низькоінтенсивного хронічного запалення за розвитку ожиріння. Реалізація епігенетичних механізмів за допомогою SIRT1 відбувається шляхом деацетилювання гістонів та факторів транскрипції. SIRT1 впливає на формування поляризаційного профілю макрофагів за протизапальним фенотипом опосередковано основними транскрипційними факторами сигнального каскаду STAT1 і STAT6. Однак особливості питання регуляції поляризації макрофагів за участю SIRT1 у розвитку ожиріння залишаються не визначеними.

Мета нашого дослідження – визначити рівень експресії NAD<sup>+</sup>-залежної деацетилази SIRT1 в моноцитах/макрофагах осіб із підвищеною масою тіла та ожирінням I ступеня.

У дослідженні взяли участь 30 осіб віком від 18 до 25 років. За індексом маси тіла (ІМТ) учасники були розділені на групи: контрольну з ІМТ 18,50–24,99 кг/м<sup>2</sup>, з підвищеною масою тіла з ІМТ 25,00–29,99 кг/м<sup>2</sup> та з ожирінням I ступеня з ІМТ 30,00–34,99 кг/м<sup>2</sup>. Мононуклеари периферичної крові виділяли на градієнті густини фікол-верографін. Для індукції поляризації за фенотипом M1 моноцити стимулювали ліпополісахаридом *E. coli* (LPS) та γ-інтерфероном (γIFN), за фенотипом M2 – інтерлейкіном 4 (IL-4). Як контроль використовували нестимульовані клітини. Експресію гена *sirt1* визначали методом полімеразної ланцюгової реакції в режимі реального часу через 3 та 7 днів інкубації. Результати оброблені статистично.

Результати свідчать, що з підвищенням маси тіла досліджуваних осіб рівень експресії гена *sirt1* зростає. Достовірно вищий рівень експресії *sirt1* визначений у макрофагах осіб з ожирінням порівняно з особами з підвищеною масою тіла. У осіб із підвищеною масою експресія *sirt1* була достовірно вищою, ніж у осіб з нормальною масою тіла. Найбільші значення експресії *sirt1* визначені в осіб з ожирінням I ступеня у клітинах, стимульованих

П-4. Приріст рівня експресії визначений у динаміці інкубації клітин, що підтверджується формуванням позитивних високої та середньої сили зв'язків рівня експресії за інкубації 3 і 7 діб.

Зроблено висновок, що достовірно вищий рівень експресії гена *sirt1* у нестимульованих клітинах, за умов стимуляції та її приріст за термін інкубації свідчить про можливе прекодиціювання моноцитів периферичної крові, яке забезпечує протидію формуванню прозапального фенотипу до рекрутування моноцитів у жирову тканину.

**Марцинюк І., Мазур Г., Мерлавський В., Манько Б., Манько В.**

**ВПЛИВ ЕТАНОЛУ *IN VITRO* НА ОКИСНІ ПРОЦЕСИ  
У МІТОХОНДРІЯХ ГЕПАТОЦИТІВ ЩУРІВ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: halyna.mazur@lnu.edu.ua*

**Marcyniuk I., Mazur G., Merlavskiy V., Manko B., Manko V.** THE EFFECT OF ETHANOL *IN VITRO* ON OXIDATIVE PROCESSES IN THE MITOCHONDRIA OF RAT HEPATOCYTES. Ethanol is metabolized mostly by the liver. The effect of ethanol *in vitro* on the oxidative processes in the mitochondria of hepatocytes was investigated. It was established that ethanol did not affect the lactic acidosis development, mitochondrial membrane potential and NADH autofluorescence of hepatocytes.

Окисні процеси у мітохондріях є важливим параметром оцінки функціонального стану клітин. Унаслідок окиснення етанолу в гепатоцитах відбувається зростання співвідношення НАДН/НАД<sup>+</sup>. Накопичення у клітинах НАДН може призводити до підвищення синтезу лактату з пірувату, що може спричинити розвиток лактат-ацидозу і призвести до низки метаболічних порушень. Метою роботи було оцінити вплив етанолу *in vitro* на окисні процеси у мітохондріях гепатоцитів.

Дослідження проводили на щурах-самцях лінії Вістар масою 220–250 г. Ізолювання гепатоцитів здійснювали двостадійним методом Сеглена. Цілісність плазматичних мембран гепатоцитів оцінювали фарбуванням клітин 0,1 % розчином трипанового синього. Розвиток лактат-ацидозу вимірювали спектрофотометрично, використовуючи як індикатор зміни рН барвник феноловий червоний (4,5 ммоль/л).

Для реєстрації мембранного потенціалу мітохондрій і спостереження НАДН-автофлуоресценції використовували флуоресцентний мікроскоп Olympus IX73 з цифровою камерою DP-74. Мембранний потенціал мітохондрій реєстрували за допомогою потенціал-чутливого барвника родаміну 123 (фільтр збудження 540–585 нм, розділювач променя 595 нм, бар'єрний фільтр 600 нм). Флуоресцентний сигнал НАДН (фільтр збудження 470–490 нм, розділювач променя 505 нм, бар'єрний фільтр 515 нм) використовували для оцінки роботи дихального ланцюга мітохондрій за впливу етанолу.

Для описаних вище досліджень гепатоцити інкубували протягом 60 хв з етанолом (50 ммоль/л) у середовищі з відповідними субстратами окиснення. Далі суспензію гепатоцитів інкубували протягом 5 хв за температури 37 °С з FCCP (0,1 чи 2 мкмоль/л) або ротеноном (0,5 мкмоль/л), а далі протягом 10 хв – з родаміном 123. Вірогідність змін, визначали, використовуючи такі статистичні методи, як *t*-критерій Стьюдента та ANOVA.

Виявлено, що у контролі за окиснення глюкози рН середовища, у якому перебували гепатоцити, становило 6,22, а за наявності в середовищі пірувату чи монометил-сукцинату рН знижувалось до 6,12 та 6,04 відповідно. Сам етанол не змінював рН середовища за окиснення глюкози, пірувату чи монометил-сукцинату. Тест ANOVA підтвердив лише вплив субстрату окиснення – монометил-сукцинату.

Встановлено, що за окиснення глюкози, пірувату чи монометил-сукцинату та дії FCCP у концентрації 2 мкмоль/л мембранний потенціал мітохондрій знижується на 27, 58 та 44 %

відповідно. НАДН-автофлуоресценція знижується за концентрації FCCP 2 мкмоль/л на 27, 37 і 27 % за окиснення глюкози, пірувату та монометил-сукцинату відповідно. Ротенон не впливав на НАДН-автофлуоресценцію чи мембранний потенціал мітохондрій гепатоцитів. Етанол *in vitro* жодним чином не змінював НАДН-автофлуоресценцію чи мембранний потенціал мітохондрій гепатоцитів як за окиснення глюкози, так і за окиснення пірувату та монометил-сукцинату. Проте аналіз ANOVA підтвердив вплив субстрату окиснення на НАДН-автофлуоресценцію гепатоцитів.

Отже, алкоголь *in vitro* не впливав на розвиток лактат-ацидозу, мембранний потенціал мітохондрій і НАДН-автофлуоресценцію гепатоцитів.

**Топільницька Т., Павловська Д., Гренюх В., Іккерт О., Бабський А.**

**ВПЛИВ ПОХІДНОГО ПІРАЗОЛОПІРИМІДИНУ У КОМБІНАЦІЇ З ПОЛІМЕРНИМИ  
НОСІЯМИ НА МАСУ І ТРИВАЛІСТЬ ЖИТТЯ МИШЕЙ З ЛІМФОМОЮ NK/LY**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: topilnitska.t.2017@gmail.com*

**Topilnytska T., Pavlovska D., Hreniukh V., Ikkert O., Babsky A.** INFLUENCE OF THE PYRAZOLOPYRIMIDINE DERIVATIVE IN COMBINATION WITH POLYMER CARRIERS ON WEIGHT AND LIFE DURATION OF MICE WITH NK/LY LYMPHOMA The effect of the newly synthesized thiazole derivative on the mice with Nemeth-Kelner lymphoma (NK/Ly) was investigated. Mice received the synthesized thiazole with different polymire carriers at concentrations 1mg / kg of live weigh. All tumor carriers had a significant increase in weight compared to the control. The injection of the derivateive in combination with different polymire carriers did not cause statistical changes in the weight or duration of the mice.

Онкологічні захворювання займають друге місце у світі серед причин смертності населення після серцево-судинних захворювань. У зв'язку з цим відбувається інтенсивний пошук нових ефективних протипухлинних препаратів (Finiuk et al., 2017). Перспективною групою речовин із широким спектром дії є похідні тiazолів, які виявляють протибактерійну, противірусну та антидепресивну активність (Туров та ін., 2012). Особливий інтерес становлять похідні піразолопіримідину як потенційні протипухлинні препарати. Наявні у їхній структурі тiazольні та гетероцикли можуть визначати цитотоксичні властивості речовин і їхню специфічність (LeBleu et al., 2014). Попередньо встановлено виражену цитотоксичну дію новосинтезованих похідних тiazолу на окремі лінії пухлинних клітин [Finiuk, 2017; 2018].

Метою роботи було дослідити вплив похідного тiazолу (8-метил-2-Ме-7-[трифлюорометил-фенілметил]піразоло[4,3-е][1,3]тiazоло[3,2-а]піримідин-4(2H)-ону (ПП) на виживання та зміни маси мишей з лімфомою NK/Ly. Досліджувану речовину сполучали з полімерними носіями різних типів, які підвищують розчинність фінального комплексу та дають речовині змогу краще проникати у досліджуваний організм [Heffeter et al., 2013]

Дослідження проводили на нелінійних мишах-самцях масою 20–30 г з прищепленою лімфомою NK/Ly. Миші було розділено на 11 груп, які утримувалися у 3 клітках. з рівномірним представленням особин кожної групи. Асцитну форму лімфоми прищеплювали методом внутрішньочеревної інюкуляції. На наступний день після інюкуляції мишам-пухлиноносіям протягом 5 днів внутрішньочеревно вводили розчин речовини у кінцевій концентрації 1 мкг/кг живої маси. Протягом експерименту щоденно вимірювали масу кожної особини. На підставі цих даних розраховували середню тривалість життя миші у кожній групі, усереднені зміни нормалізованої маси протягом експерименту. Статистичну обробку результатів досліджень проводили з використанням програми MS Excel. Для оцінки достовірності обчислювали коефіцієнт Стьюдента. Достовірною вважали різницю між групами даних з  $P \geq 0,05$ .

У результаті роботи було виявлено, що у мишей групи 1 (контроль) протягом експерименту маса рівномірно зростала до 106 % від маси до початку експерименту. У мишей 2 групи (лімфома контроль) маса зростала до 148 (10 день) та 174 % (20 день). У мишей 9 групи (введення ПП + А24ПЕГ) маса зростала зі 100 до 145 (10 день) та 153 % (20 день). У мишей 10 групи (введення ПП + поліПЕГМА475) маса зростала до 14% (10 день) та 170 % (20 день). У мишей 11 групи (введення ПП + полі(ПЕГМА-ко-ДММ) маса зростала зі 100 до 14 % (10 день) та 173 % (20 день). У результаті, тривалість життя мишей у перелічених групах становила 23, 19,75±1,43, 20 ±1, 16,7±1,45 та 20±0,6 днів.

Отже, введення досліджуваної речовини мишам-пухлиноносцям *in vivo* не спричиняло змін маси чи тривалості життя мишей порівняно з контрольною групою мишей- пухлиноносців.

**Швець В., Гасюк О.**

### ВМІСТ ГЛІКОГЕНУ В ТКАНИНАХ ПІД ВПЛИВОМ ІНТЕРЛЕЙКІНУ-2 ПІД ЧАС ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

*Херсонський державний університет  
вул. Університетська, 27, м. Херсон, 73000, Україна  
e-mail: shvetsvika88@gmail.com*

**Shvets V., Hasiuk O. GLYCOGEN CONTENT IN TISSUES UNDER THE INFLUENCE OF IL-2 DURING EXERCISE.** During exercise, as with other types of stress, there are functional disorders of various body systems. So, with a lot of physical activity, the glycogen content in the liver and muscles decreases significantly. One of the reasons for the decrease in physical activity may be a violation at the energy deviation of metabolic reactions of the body.

Вивчення сучасного стану проблеми впливу інтенсивних фізичних навантажень на організм нетренованих осіб і спортсменів дотепер є актуальним. Під час фізичного навантаження, як і під час інших видів стресу, відбуваються функціональні зрушення у різних системах організму (Hargreaves et al., 2020). Втома, викликана фізичною активністю, зумовлена виснаженням запасів енергетичних субстратів (АТФ, креатинфосфату, глікогену) в тканинах і накопиченням продуктів їхнього обміну в крові (молочної кислоти, креатину, неорганічних фосфатів). Тому за змінами цих показників можна оцінити як розвиток втоми, так і динаміку процесу адаптації до фізичного навантаження. При виконанні тривалої напруженої фізичної роботи розвиток втоми супроводжується тривалим підвищенням рівня сечовини в крові після закінчення роботи, зміною компонентів імунної системи та змінами вмісту гормонів. Відомо, що чим більша інтенсивність виконуваних вправ, тим вищою є активність симпатичної нервової системи і вивільнення адреналіну з мозкової речовини наднирників. У свою чергу, адреналін ініціює розпад глікогену в м'язах і в печінці (Шемчук, 2019; Burke et al., 2016). Тому, під час значного фізичного навантаження вміст глікогену в печінці і м'язах значно зменшується. Однією з причин зниження фізичної активності можуть бути порушення в енергетичній ланці метаболічних реакцій організму (Swanson, 2020).

Мета дослідження – вивчити вміст глікогену в тканинах білих мишей в умовах тривалого введення різних доз рекомбінантного інтерлейкіну-2 (рІЛ-2) та його інгібітору при фізичному навантаженні. Протягом 6 тижнів дослідним тваринам підшкірно вводили препарат рІЛ-2 та перорально його інгібітор циклоспорин. Було сформовано дослідні групи: 1-й вводили інгібітор ІЛ-2 (10 мг/кг), 2-й, 3-й і 4-й – ІЛ-2 в концентрації 5000, 7500 та 30000 МО/кг, 5-й – фізіологічний розчин. У ролі фізичного навантаження слугувало примусове плавання з вантажем. Стан енергетичного потенціалу організму оцінювали за концентрацією глікогену в гомогенаті печінки та м'язів і вважали, що підвищення вмісту глікогену є підтвердженням адаптаційних можливостей організму (Северин, 1989).

Отримані дані вказують на те, що динаміка вмісту глікогену під час фізичного навантаження змінюється в різних групах тварин залежно від дози рІІ-2, наявності інгібітора та тривалості експерименту. На 2-му тижні дослідження вміст глікогену у всіх дослідних групах тварин, як у м'язах так і в печінці, був нижче контролю. Концентрація глікогену у м'язах знизилась від 24,1 до 5,5 %, у печінці – від 11,9 до 2,8 %. На 4-му тижні експерименту вміст глікогену в м'язах підвищився у тварин II–IV групи (на 6,5, 12,2 й 7,3 % відповідно) та знизився у тварин I та V (на 13 і 1,9 % відповідно) групи щодо попереднього періоду. У цей період концентрація глікогену в печінці знизилася лише у V дослідній групі (на 4,1 %) та підвищилася в інших групах тварин (від 2,9 % – IV група до 25,7 % – II група) порівняно з 2-м тижнем. Наприкінці дослідження вміст глікогену в м'язах, порівняно з 4-м тижнем, підвищувався у I–III та V дослідних групах, найбільший приріст спостерігався у I групі тварин (на 26,6 %). Також у цей період концентрація глікогену в печінці дослідних тварин знижувалась у I–II групах та підвищувалась у III–V групах тварин.

Отже, рІІ-2, в залежності від концентрації та тривалості уведення, мав різний вплив на рівень глікогену в тканинах, що є одним із показників адаптації до фізичного навантаження.

**Chernii S.<sup>1</sup>, Syniugina A.<sup>1</sup>, Slominskii Yu.<sup>2</sup>, Özkan H.<sup>3</sup>, Mokhir A.<sup>3</sup>,  
Yarmoluk S.<sup>1</sup>, Kovalska V.<sup>1</sup>**

#### SQUARINE DYES AS FLUORESCENT PROBES FOR MICROSCOPY AND THE DETECTION OF PROTEINS

<sup>1</sup>*Institute of Molecular Biology and Genetics NASU, Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Institute of Organic Chemistry NASU, Kyiv, Ukraine*

<sup>3</sup>*Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg (FAU), Erlangen, Germany*

*e-mail: asyniugina@gmail.com*

Serum albumins are major transport proteins in blood plasma for many compounds like hormones, fatty acids, etc. Detection of proteins could be useful for chemical and biochemical analyses, biotechnology, and immunodiagnosics. The study of interactions between dye and serum albumins is essential for research as a simple diagnostic method for biochemical systems because albumin concentration could be used as a symptomatic parameter.

The series of benzoindolium squaraine dyes (SQ) with N-substituents were synthesized. Here we examine these synthesized dyes as fluorescent probes for the detection of serum albumins. The spectral-luminescent properties of SQ dyes in the aqueous solution and the presence of bovine serum albumin (BSA), human serum albumin (HSA), equine serum albumin (ESA), ovalbumin (OVA), and nucleic acids were investigated. The maxima of excitation spectra of the studied dyes in the buffer are located at 623-673 nm, with the fluorescence emission maxima lie between 635-690 nm. All of these dyes gave no significant fluorescent response upon the addition of nucleic acids. The addition of serum albumins leads to the shift of excitation and emission maxima of the dyes to the long-wavelength spectral region for 8-12 nm that could point out the binding of the dyes to proteins. For N-methyl substituents SQ dye, the highest fluorescent response on serum albumins presence was shown. Its fluorescence intensity increases by 701 times with BSA, by 169 times with HSA, and 459 times with ESA. All these dyes showed high fluorescent sensitivity to serum albumins but noticeably lower in the presence of OVA, which is structurally different from serum proteins.

SQ dye bearing sulfonate groups have good water solubility compared to other N-alkyl substitute SQ dyes. Human ovarian cancer cell line A2780 was used to study the ability of SQ dye bearing sulfonate groups to penetrate the cell membrane. Fluorescence microscopy revealed that the studied dye could pass through biological membranes and stain the cell components in the cytoplasm. We have observed that studied dye is not accumulated in nuclei that cohere

with spectral-luminescent data (no sensitivity to nucleic acids). Co-staining of the SQ dye with Rhodamine 123 (a dye specific for mitochondria) was carried out to understand the organelle-specificity of the dye. The subsequent colocalization analysis indicates that the studied dye colocalize very poorly with the Rhodamine 123.

The novel series of SQ dyes are suggested as promising far-red probes for serum albumins detection. These dyes could be potentially applicable in fluorescent spectroscopy for protein detection and visualization with minimum to no autofluorescence.

This work was supported by the grant H2020-MSCA-RISE N872331.

**Kasiyan O.<sup>1</sup>, Tkachenko H.<sup>2</sup>, Kurhaluk N.<sup>2</sup>, Yurchenko S.<sup>1</sup>, Manenko A.<sup>3</sup>**

**CORRELATIONS BETWEEN ANTIBODIES OF THYROGLOBULIN AND THYROID PEROXIDASE IN PATIENTS WITH A HYPOTHYROID FORM OF HASHIMOTO'S THYROIDITIS AND IODINE CONCENTRATIONS IN DRINKING WATER**

*<sup>1</sup>Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine*

*<sup>2</sup>Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Słpsk, Poland  
22b, Arciszewski Str. 76-200 Słupsk, Poland; e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

*<sup>3</sup>Lviv Medical Institute, Lviv, Ukraine*

Autoimmune thyroid diseases (AITD), including Graves' disease (GD) and Hashimoto's thyroiditis (HT), are the most common organ-specific autoimmune disorders usually resulting in dysfunction (hyperfunction, hypofunction, or both) of the thyroid gland, affecting approximately 5 % of the population (Trbojević and Djurica, 2005; Hasham and Tomer, 2012). It is thought that autoimmune reactions against the thyroid can develop in various directions. In HT, the immunological process is dominated by lymphocyte-mediated cell-damaging processes, leading to the destruction of follicular cells; in Graves' disease, the immunological process is dominated by the synthesis and release of antibodies that stimulate the thyroid-stimulating hormone (TSH) receptor (Nyström et al., 2011).

Over the past 10 years, the AITD incidence in Ukraine has increased by 68 % and by 82 % in terms of a 100-thousand population. The AITD prevalence ranges from 0.1 % to 1.2% in children and from 6 to 11 % in over 60-year-old women. The peak incidence of AITD falls on the working-age and is 4-8 times more common in women than in men. However, today there is an upward trend in the incidence, especially in the younger age groups (Kravchenko and Postol, 2011). According to reports of the endocrinology service of Ukraine in 2014-2018, the mean 5-year HT incidence was 421.2 per 100,000 individuals in the whole population of Ukraine, 341.1 per 100,000 individuals in the population of the Lviv region, and 142.8, 188.3, 288.7, 279.5, and 168.4 per 100,000 individuals in other western regions of Ukraine, i.e. Volyn, Zakarpattia, Ivano-Frankivsk, Rivne, and Ternopil, respectively. Thus, the HT incidence in the Lviv region is the highest in the population of the western region of Ukraine.

Iodine is an essential trace mineral required for the production of the thyroid hormone (Pearce, 2014). On the other hand, iodine is often considered to be one of the trigger factors in the development of autoimmune thyroiditis (Duntas, 2015). Iodine in drinking water has been used as an indicator of the 'iodine state' of an area and also maybe a major direct source of iodine intake, which may determine regional variations in iodine intake levels (Pedersen et al., 1999). The iodine-induced endemia is determined with the use of the water iodine concentration, i.e. an iodine concentration up to 2  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$  confirms its high degree, 2-3  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$  – moderate level, and 3-4  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$  – weak iodine-induced endemia (Oliynyk, 1997).

Therefore, the purpose of the current study was to assess the levels of antibodies to thyroglobulin and thyroid peroxidase in patients with a hypothyroid form of Hashimoto's thyroiditis of both sexes and identify correlations between the water iodine concentration in water and these indicators in patients using drinking water from the water supply network and individual wells.

An analysis of case histories from 2182 patients from the Lviv region (western region of Ukraine) who underwent inpatient treatment at the Lviv Regional Endocrinology Dispensary was carried out in this study. Case histories of 168 patients with diagnosed Hashimoto's thyroiditis (hypothyroid form) were selected for the current study. The registration address of these patients in the case histories did not differ from their current place of residence. In total, 168 individuals, i.e. 34 males and 134 females with a mean age of  $33.98 \pm 3.51$  and  $41.55 \pm 1.43$  years respectively, participated in this study. In this group of patients, 53 females (31.6 %) and 15 males (8.9 %) consumed water from the water supply network, while 81 females (48.2 %) and 19 males (11.3 %) consumed water from individual wells. The females and males who consumed water from the water supply network and the individual wells did not differ in age, i.e. females:  $41.70 \pm 1.46$  vs.  $41.40 \pm 1.40$  years ( $p = 0.880$ ) and males:  $35.67 \pm 3.64$  vs.  $31.58 \pm 3.40$  years ( $p = 0.421$ ), respectively. Individuals with malignancies and thyroid surgery were excluded from the study.

Thyroid hormone status was assessed by determination of the concentrations of TSH (thyroid-stimulating hormone), thyroglobulin antibodies (TgAbs), and thyroid peroxidase (TPOAb) in serum. Immunochemiluminescence assays were used for TgAbs and TPOAb concentrations. All analytical procedures were carried out at the Clinical Laboratory of Regional Clinical Hospital in Lviv. The reference ranges were as follows:  $< 115$  IU/L for TgAb, and  $< 34$  IU/L for TPOAb (Skalnyi and Kudrin, 2000). Determination of the iodine concentration in water was carried out according to the "Method for measurements of the iodine concentration in drinking and mineral water, salt, bakery products, dairy products by the method of inversion voltammetry on a solid rotating electrode No. 081/12-0092-03" at the Lviv regional sanitary-hygienic laboratory using a mercury-film electrode and an AVA-2 device. Samples of drinking water were collected from patients' home addresses: 64 samples from the centralized water supply systems and 104 samples from the individual wells. All sample measurements were made in duplicates and re-analyzed if the duplicates differed by more than 2% in absorbance. The present study is a fragment of the research project "Hygienic evaluation of the joint influence of iodine insufficiency and other factors on the health welfare of children's population" (state registration No 0108U001136). The Ethics Committee of DanyloHaltskyLviv National Medical University (Lviv, Ukraine) approved the study protocol (No. 13 of October 20, 2005). All participants gave informed consent before blood and water sampling.

The procedure for the analysis of the normality of all samples using the Shapiro-Wilk criteria was performed for statistical data analysis. The mean (M) and the standard error of the mean (m) value were calculated. Since the data were not normally distributed, the differences between the groups were tested using the Mann-Whitney test. The correlations between the studied parameters in the groups were evaluated using Spearman's rank correlations, while multivariate stepwise regression analysis was used for regression analysis. The critical level of statistical significance ( $p$ ) was assumed to be 0.05 (Zar, 1999). The initial preparation of intermediate calculations was performed using Microsoft Excel 13.0. The obtained results were statistically analyzed using the STATISTICA 8.0 software package (StatSoft, Krakow, Poland).

The water iodine concentration in the water supply network and individual wells indicates a weak and moderate degree of iodine endemia in the studied areas. The iodine concentrations differed only in the water consumed by the men: the iodine concentration in the water supply network was 1.53-fold lower ( $p = 0.024$ ). Statistical differences were also observed between the values of the iodine concentration in the network water, which was consumed by both males and females ( $p = 0.017$ ). No significant differences were found between the mean TgAb and TPOAb titers in females who consumed drinking water from the water supply network and individual wells. In males drinking water from different water supply sources, only TgAbs titers differed significantly ( $45.60 \pm 3.69$  vs.  $61.26 \pm 3.87$  IU/L,  $p = 0.006$ ).

Also, an increase in the water iodine concentration resulted in an increment in the TgAb titers in both groups of females and males consuming water from the water supply network and in the TPOAb levels in the female group drinking water from the individual wells. The results of the

multivariate regression analysis suggested that the TgAb levels in the group of females consuming water from the water supply network were independent of the water iodine concentrations. In the group of females who consumed water from the individual wells, the TPOAb level was this factor. No such independent factors were identified in the group of males consuming water from the water networks and wells. Among both female and male patients, TgAb and TPOAb were independent factors associated with the iodine concentration in water.

The determination of correlations between the water iodine concentration and cases of HT will provide an opportunity for more differentiated iodine prophylaxis including iodine intake by inhabitants in each region.

*The authors are grateful to The Polish National Commission for UNESCO for supporting our study.*

**Kowalczyk B., Włodarczyk K., Palusińska-Szys M.**

THE IMPORTANCE OF THE LIPID COMPONENTS OF *LEGIONELLA PNEUMOPHILA*  
IN THE PROCESS OF ADHESION AND INFECTION OF THE HOST CELLS

*Maria Curie-Skłodowska University  
Institute of Biological Sciences, Department of Genetics and Microbiology  
19, Akademicka St., 20-033 Lublin, Poland  
e-mail: b.kowalczyk746@wp.pl*

*Legionella* spp. are Gram-negative intracellular parasites of various protozoan species, such as amoebae and ciliates. Upon transmission to the respiratory tract through contaminated aerosol, the bacteria replicate within alveolar macrophages. *Legionella* cause respiratory infections: Pontiac fever and acute pneumonia. In the US and Europe, the most common cause of Legionnaires' disease is *L. pneumophila* serogroup 1. The *Legionella* genus consists of 60 species and approx. 30 of them are pathogenic for humans (Cunha et al., 2016).

The most important of the virulence factor, which enable *Legionella* to colonize and overcome the killing mechanisms of the host cells, are associated with the cell surface. *L. pneumophila* do not express a capsule or an exopolysaccharides and therefore the lipopolysaccharides (LPS), lipids and phospholipids are predominant molecules on the cell surface. These lipid structures are involved in the direct contact of the bacteria with the eukaryotic cell. Due to the complex structure of the LPS, its immunochemical properties and antigenic variability, this macromolecule is involved in interaction with the host cell on each stage of infection.

This study was conducted on *L. pneumophila* sg1 Görlitz strain isolated from patients with Legionnaires' disease and its 1B6 mutant defective in biosynthesis of the O-specific chain of LPS. The main objective of this research was measured adherence of these strains to the eukaryotic cells and compared the ability to multiply inside the host cells using respectively adhesion and infection assay, which were performed with THP-1 cell line as a host cell model. For the experiments, the human monocytic leukemia cell line THP-1 were differentiated into macrophage-like cells via three-day exposure to phorbol 12-myristate 13-acetate. To compare the adhesive properties of the *L. pneumophila* wild strain and the mutant strain, phagocytosis was prevented after application the cytochalasin B, an inhibitor of the actin polymerization. *L. pneumophila* strains were added to THP-1 macrophages (20 MOI). After co-incubation with THP-1 cells, the monolayers were washed with PBS to remove non-adherent bacteria and lysed with 0.01% Triton X-100. Serial dilutions of the inoculum and bacteria released from lysed cells were plated on the BCYE agar and incubated at 37 °C for 3 days. The number of adsorbed bacteria was determined based on ratio of adherent bacteria compared to the inoculum. For the infection assay the *L. pneumophila* were incubated for 2 h with THP-1 cells and additionally treated with 100 µg/ml of gentamicin to remove non-phagocytic bacteria. At set time points following infection, cells were lysed and serial dilutions were plated on the BCYE agar. The bacteria were incubated under the same conditions as in the adhesion assay (Palusinska-Szys et al., 2014).

The binding assay revealed that the adhesive affinity of the mutant strain to macrophages was reduced by 33 % compared to the wild strain. The infection assay showed limited ability of the mutant strain to multiplication inside the THP-1 cells. The results indicate that LPS plays an important role in the adhesion process to the host cell, which affects the further course of infection. The study was supported by the grant NCN 2017/27/B/NZ6/01544.

**Kurhaluk N., Tkachenko H.**

MELATONIN ALTERS THE ACTIVITIES OF LYSOSOMAL ENZYMES  
IN RESPONSE TO ETHANOL-RELATED OXIDATIVE STRESS  
IN THE HEPATIC TISSUE OF MICE

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Slupsk, Poland  
22b, Arciszewski Str., 76-200 Slupsk, Poland  
e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

The mechanisms of alcohol-induced subclinical endotoxemia states are not fully understood. While alcohol exposure is the major risk factor for the development of most disorders of civilization, such as obesity, type 2 diabetes mellitus, etc., following subclinical endotoxemia, some lifestyle choices can also promote pathogenesis by increasing oxidative stress. On the other hand, both alcohol- and inflammation-induced production of reactive oxygen species (ROS) alter cell membrane properties that lead to tissue dysfunction and, subsequently, further ROS production (Valko et al., 2007; Kurhaluk et al., 2017, 2018; Kurhaluk and Tkachenko, 2020).

Alcohol chronobiology research shows alcohol toxicity is linked with the circadian rhythm of melatonin production. The hormone produced by the pineal gland is the main regulator of the 24 h (sleep-wake cycle) and seasonal biorhythms. Findings suggest a change in the circadian status of the organism is induced even after a single ethanol dose (Danel and Tuitou, 2004). Age, alcoholism, and depression are associated with low levels of urinary melatonin (Watterberg et al., 1992). Therefore, alcoholism can cause a sharp decrease or complete cessation of melatonin synthesis (Majumdar and Miles, 1987; Schmitz et al., 1996).

The lysosomal system constitutes the major degradative mechanism of the mammalian cell (Mindell, 2012). Lysosomes are ubiquitous membrane-bound organelles that contain acid hydrolases, i.e., digestive enzymes responsible for the correct degradation of lysosomal content (Kirkegaard and Jäättelä, 2009; Watts, 2012; Witek et al., 2014). Lysosomes play a fundamental role during autophagy, as these organelles fuse with autophagosomes to digest their content and degrade cellular components, such as damaged cell organelles or misfolded proteins (Roberg and Ollinger, 1998; Blomgran et al., 2007). Compared to other organs, alcohol accumulates in the largest amount in brain tissue. Alcohol is eliminated from the brain much more slowly than from other organs. This suggests alcohol affects the brain and nervous system for a longer duration of time than other organs. The high concentration of alcohol is also accumulated and eliminated relatively slowly from other organs and tissues, such as the ovaries, sperm, and prostate (Cederbaum, 2012; Jung and Namkoong, 2014; Pohanka, 2016).

The ethanol disrupts the process of lysosome assembly in cells; therefore, lysosomes with a defective membrane are formed as a result of alcohol intoxication (Donohue and Osna, 2003). A consequence of the synthesis of such lysosomes is the release of proteolytic enzymes and an imbalance between the activity of proteinases and their endogenous inhibitors. Decreased effectiveness of the controlling activity of trypsin-like proteinases with endogenous inhibitors against a background of increasing intensity of proteolysis can lead to irreversible tissue damage (Koll et al., 2002). This study was performed to assess the activities of lysosomal alanine aminopeptidase (AAP) and leucyl aminopeptidase (LAP) in the hepatic tissue of mice with alcohol-induced toxicity and study the modulated effect of melatonin in the prevention of this toxicity.

The animals used in this experiment were 2 to 3-month-old male white mice (*Mus musculus* Linnaeus, 1758). The animals were housed in cages (6 individuals in each) in rooms with artificial lighting (8.00-20.00 – light, 20.00-8.00 – darkness) at conventional conditions ( $25 \pm 2$  °C temperature; 45-60 % relative humidity). Mice were allowed ad libitum access to water and food. The animals previously acclimatized to the light/dark cycle for 7 days: darkness = 12:12 (12 hours light 750 Lx / 12 hours darkness; lighting from 6.00 to 18.00) in the spring-summer period. After a period of acclimatization, mice were indiscriminately divided into three groups each group contained six mice. All the procedures and protocols were approved by the national and international guidelines and rules. To eliminate circadian rhythm changes, all examinations started in the early span of the animals' rest period (at 10.00 am and ended at midnight). After a 1-week adaptation period, mice were randomly divided into three groups: 1) untreated control (6 animals), 2) Acute ethanol-induced stress (6 animals), 3) Melatonin treatment + Acute ethanol-induced stress (6 animals).

Regardless of whether the animal is active during the day, at night, or does not have a clear plan of activity, the maximum level of melatonin is always observed during the dark phase of a natural or artificially created cycle of alternating day and night (Binkley, 1988; Reiter, 1991; Arendt, 1995). Melatonin (Sigma-Aldrich Sp. z.o.o., Poznan, Poland) was introduced daily by intraperitoneal injections in a dose of 10 mg per kg body weight (b.w.) for 10 days in the early span of the animals' rest period (at 10.00 am and ended at midnight). It was dissolved in a minimum volume of ethanol and diluted in 0.9 % NaCl to yield a dose of 10 mg per kg b.w., as described in previous studies by Bonnefont-Rousselot and Collin (2010) and Shin and co-workers (2015). Melatonin was intraperitoneally injected 30 min before ethanol.

Acute alcohol-induced stress was induced by intraperitoneal injection of ethanol in a dose of 0.75 g per kg b.w. per day. It was diluted from a 95 % (v/v) solution to a concentration of 20 % (v/v) with physiological saline (0.9 %) and administered as intraperitoneal injections at a dose of 0.75 g per kg b.w. in an injection volume of 4.73 mL per kg b.w. for 10 days of the experiment, as described by Powers and Chester (2014). At the end of the trial (10 days), the mice were promptly decapitated. Samples were collected 24 h after the last drug administration and injection of ethanol (between 10.00 am and 12.00 am). The liver was also immediately removed and weighed. Briefly, hepatic tissue was excised, weighed, washed in ice-cold buffer, and minced. Minced tissue was rinsed with cold isolation buffer 0.15 M KCL to remove the blood and homogenized in a glass Potter-Elvehjem homogenizer with a motor-driven Teflon pestle on ice. The isolation buffer consisted of 0.25 M sucrose and 2 mM EDTA; the pH was adjusted to 7.0 with KOH. Homogenates (20 % w/v) were prepared for the next differential centrifugation according to the method described by DeMartino and Goldberg (1978). After centrifugation, the supernatant fractions were saved and used after resuspension in 50 mM acetic acid/sodium acetate buffer, pH 5.0. These isolation fractions were homogenized and subjected to two freeze-thaw cycles.

The activity of alanyl aminopeptidase (EC 3.4.11.2) and leucyl aminopeptidase (EC 3.4.11.1) was determined spectrophotometrically as Fast Blue BB salt (4-benzoylamino-2,5-diethoxybenzene-diazonium chloride) derivatives at 540 nm according to McDonald & Barrett (1986). The reaction was initiated by mixing 50  $\mu$ l of sample and 500  $\mu$ l of substrate incubation media with DMF (Serva, Germany), 60 min incubation at 37 °C, pH 6.0. Next, 500  $\mu$ l of stop buffer containing Fast Blue BB salt dissolved in 2 % Tween 20 (Sigma, USA) was added, and measurements were carried out at 540 nm. For the determination of alanyl aminopeptidase activity, L-alanyl-2-naphthylamine in 0.1M PBS buffer was used as a substrate. L-leucyl-2-naphthyl amine in 0.1M PBS (pH 7.0) buffer was used as a substrate for the determination of leucyl aminopeptidase activity.

Results of the current study revealed that activities of alanyl aminopeptidase and leucyl aminopeptidase were significantly increased (by 16.9 %,  $p < 0.05$ ) in the hepatic tissue of

mice treated by ethanol. Melatonin administration inhibited the enhanced activities of alanyl aminopeptidase (by 36.1%,  $p < 0.05$ ) and leucyl aminopeptidase (by 46 %,  $p < 0.05$ ). The alanyl and leucyl aminopeptidase activities in the melatonin-treated group were decreased more than values obtained in the untreated control group (by 25.36% and 37.3%,  $p < 0.05$ , respectively).

A possible mechanism connected with ethanol disruption is the process of assembly of lysosomes in cells, resulting in alcohol intoxication and the formation of lysosomes with a defective membrane (Donohue and Osna, 2003). A consequence of the synthesis of such lysosomes is the release of proteolytic enzymes and the imbalance between the activity of proteinases and their endogenous inhibitors. In ethanol-induced toxicity, ROS modify the structure of lysosomal proteases and thereby reduce their activity, which facilitates the passage of proteases into the cytosol and increases their activity (Lee et al., 2012). This is caused by the peroxidation of membrane lipids by acetaldehyde and free oxygen radicals generated in this process and the binding of acetaldehyde to the functional groups of amino acid residues of proteins (Donohue and Osna, 2003; Li et al., 2014; El-Mas and Abdel-Rahman, 2019).

Animal studies suggest the initiation of different catabolic pathways depending on the nature of ethanol exposure. Acute ethanol exposure stimulates autophagy, while chronic exposure suppresses it. Acute ethanol-induced intoxication causes rapid hepatic polarization in mitochondria with the oxidation of ethanol in liver cells. This reaction induces superoxide production in mitochondria (i.e., superoxide burst). During chronic alcohol-induced intoxication, continuously produced free radicals damage hepatic cellular structures, which finally leads to dysfunction (Donohue and Thomes, 2014). Inflammation and altered activity of lysosomal enzymes in acute ethanol-induced poisoning or chronically occurring alcohol-dependent diseases are in most cases interrelated (Koll et al., 2002). Greater destruction of cell structure and lysosomal enzyme release was observed in patients with alcohol-related diseases by Milnerowicz and co-workers (2014).

The results indicate that melatonin participates in various defense mechanisms against ethanol-related oxidative stress by preventing lysosomal enzyme disruption, by inhibiting enhanced activities of alanyl aminopeptidase and leucyl aminopeptidase, thus reducing the extent of hepatic damage, mainly in the early phase of ethanol-caused toxicity.

*This research has been supported by The Visegrad Fund (Bratislava, Slovak Republic), and it is cordially appreciated by authors.*

**Kurhaluk N., Tkachenko H.**

#### THE ROLE OF MELATONIN IN AMELIORATING OXIDATIVE STRESS IN THE KIDNEY OF MICE

*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Slupsk, Poland  
22b, Arciszewski Str., 76-200 Slupsk, Poland  
e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

Melatonin is a methoxyindole synthesized and secreted principally by the pineal gland, regulated by the suprachiasmatic nuclei, and entrained to the circadian cycle (Claustrat and Leston, 2015). Melatonin synchronizes central and peripheral oscillators (fetal adrenal gland, pancreas, liver, kidney, heart, lung, fat, gut, etc.), allowing the temporal organization of biological functions to circadian rhythms (24-hour cycles) according to periodic environmental changes for adapting of the individual to the internal and external environments (Tordjman et al., 2017). Melatonin has an extremely wide range of physiological functions: circadian rhythm synchronization, thermoregulation and sleep induction, antioxidant effects, immunomodulatory and anti-stress effects, and regulation in reproductive cycles (Bonfont-Rousselot and Collin, 2010). It is a good stabilizer of mitochondrial bioenergetics, which may confer an anti-aging effect and be protective against the development of several diseases (Carrasco et al., 2015; Paradies et al., 2017). For example, melatonin exhibits antitumor activities by reducing viability of some cancer cell lines (Kim et al., 2005; Menéndez-Menéndez et al., 2018).

At the molecular level, the biological and pharmacological activities of melatonin are attributed to the inhibition of nuclear factor- $\kappa$ beta (NF- $\kappa$ B), c-Fos overexpression, and down-regulation of matrix metalloproteinases-3 (MMP-3), which are regulators of pro-inflammatory and pro-fibrotic cytokines (Habtemariam et al., 2017). The antioxidant properties of melatonin have been described to occur via two different mechanisms. One of them is the ability of melatonin to directly scavenge hydroxyl radicals (Kim et al., 2005), which are regarded to be the most highly reactive forms that can directly damage cell structures, including DNA. Another mechanism involves the ability of melatonin to reduce oxidative stress by stimulating antioxidant enzymes (Reiter et al., 2003). The melatonin-miR497 signaling network may provide novel therapeutic targets for the treatment of hepatic metabolic dysfunction caused by the alcohol-dependent pathway (Kim et al., 2017).

The purpose of the current study was to assess levels of oxidative stress biomarkers [2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) as a biomarker of lipid peroxidation, aldehydic and ketonic derivatives as biomarkers of oxidatively modified proteins (OMP)] in the renal tissue of mice treated by melatonin.

The animals used in this experiment were 2 to 3-month-old male white mice (*Mus musculus* Linnaeus, 1758). The animals were housed in cages (6 individuals in each) in rooms with artificial lighting (8.00-20.00 – light, 20.00-8.00 – darkness) at conventional conditions ( $25 \pm 2$  °C temperature; 45-60 % relative humidity). Mice were allowed ad libitum access to water and food. The animals previously acclimatized to the light/dark cycle for 7 days: darkness = 12:12 (12 hours light 750 Lx / 12 hours darkness; lighting from 6.00 to 18.00) in the spring-summer period. After a period of acclimatization, mice were indiscriminately divided into two groups each group contained six mice. All the procedures and protocols were approved by the national and international guidelines and rules. To eliminate circadian rhythm changes, all examinations started in the early span of the animals' rest period (at 10.00 am and ended at midnight). After a 1-week adaptation period, mice were randomly divided into two groups: 1) untreated control (6 animals), 2) Melatonin treatment (6 animals). Melatonin (Sigma-Aldrich Sp. z.o.o., Poznan, Poland) was introduced daily by intraperitoneal injections in a dose of 10 mg per kg body weight (b.w.) for 10 days in the early span of the animals' rest period (at 10.00 am and ended at midnight). It was dissolved in a minimum volume of ethanol and diluted in 0.9 % NaCl to yield a dose of 10 mg per kg b.w., as described in previous studies by Bonnefont-Rousselot and Collin (2010) and Shin and co-workers (2015).

At the end of the trial (10 days), the mice were promptly decapitated. The kidney was also immediately removed. Briefly, renal tissue was excised, weighed, washed in ice-cold buffer, and minced. Minced tissue was rinsed with cold isolation buffer 0.15 M KCl to remove the blood and homogenized in a glass Potter-Elvehjem homogenizer with a motor-driven Teflon pestle on ice. The isolation buffer consisted of 120 mM KCl, 2 mM  $K_2CO_3$ , 10 mM HEPES, and 1 mM EDTA; pH was adjusted to 7.2 with KOH. The tissue homogenate was used for the determination of TBARS level and oxidatively modified proteins (OMP) level.

Results were expressed as mean  $\pm$  S.D. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors tests ( $p > 0.05$ ) and homogeneity of variance was checked by using Levene's test. The significance of differences in parameters between untreated control and treated groups was examined using a one-way analysis of variance (ANOVA). We also used Bonferroni's post-test (Zar, 1999). Statistical analysis was carried out in one way, i.e. the effect of melatonin was compared with those of the control group. Differences were considered significant at  $p < 0.05$ . All statistical calculations were performed on separate data from each group with STATISTICA 8.0 software (StatSoft Inc., Poland).

The TBARS concentration was non-significantly decreased in the melatonin-treated mice compared to the untreated control group ( $25.40 \pm 3.21$  nmol·mL<sup>-1</sup> vs  $28.98 \pm 2.57$  nmol·mL<sup>-1</sup>,

decrease by 12.4 %,  $p > 0.05$ ). The level of aldehydic derivatives of OMP was lower in the melatonin-treated group compared to the untreated control mice ( $15.18 \pm 0.71 \text{ nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$  vs  $16.57 \pm 1.77 \text{ nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$ , decrease by 8.4 %,  $p > 0.05$ ). Melatonin statistically significant decreased the level of ketonic derivatives of OMP, i.e. ( $11.21 \pm 1.09 \text{ nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$  vs  $15.21 \pm 1.23 \text{ nmol} \cdot \text{mL}^{-1}$ , decrease by 26.3 %,  $p > 0.05$ ) compared to the untreated controls. The findings of our study are in agreement with the known actions of melatonin in relieving kidney tissue oxidative burden, but also contribute to the understanding of its action by preventing an increase in oxidative stress. For instance, the findings of Shi and co-workers (2019) suggest melatonin could attenuate renal ischemia/reperfusion injury in diabetes, possibly through improving silent information regulator 2 associated protein 1 (SIRT1) expression, impaired nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (Nrf2)/heme oxygenase-1 (HO-1) signaling.

The therapeutic benefit of melatonin treatment in sleep disorders related to chronic kidney disease was described in the study of Russcher and co-workers (2012). Furthermore, the beneficial effect of melatonin on blood pressure alterations in chronic kidney disease states and the protection of melatonin in oxidative stress and inflammation in renal disorders are explored (Rahman et al., 2019). The relationship between melatonin and intrarenal renin-angiotensin system activation indicates the possibility of a new strategy to suppress chronic kidney disease, which is a risk factor for cardiovascular and end-stage renal diseases (Ohashi et al., 2019).

In addition to well-described actions, melatonin also reportedly chelates transition metals, which are involved in the Fenton – Haber-Weiss reactions; simultaneously, melatonin reduces the formation of the devastatingly toxic hydroxyl radical resulting in the reduction of oxidative stress. Melatonin's ubiquitous but unequal intracellular distribution, including its high concentrations in mitochondria, likely aid in its capacity to resist oxidative stress and cellular apoptosis (Reiter et al., 2016). This is the main reason for the decrease of oxidatively modified proteins in the renal tissue of mice treated by melatonin.

In conclusion, melatonin administration resulted in the decrease of levels of oxidative stress biomarkers (TBARS, aldehydic and ketonic derivatives as biomarkers of oxidatively modified proteins) in the renal tissue of mice treated by melatonin.

*This research has been supported by The Visegrad Fund (Bratislava, Slovak Republic), and it is cordially appreciated by authors.*

**Tkachenko H.<sup>1</sup>, Buyun L.<sup>2</sup>, Kurhaluk N.<sup>1</sup>, Maryniuk M.<sup>2</sup>,  
Opryshko M.<sup>2</sup>, Gyrenko O.<sup>2</sup>, Kharchenko I.<sup>2</sup>**

**EVALUATION OF PROTEIN OXIDATION IN THE EQUINE PLASMA  
AFTER TREATMENT WITH EXTRACTS DERIVED FROM LEAVES  
OF VARIOUS *CAMELLIA JAPONICA* L. CULTIVARS**

<sup>1</sup>*Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Slupsk, Poland  
22b, Arciszewski Str., 76-200 Slupsk, Poland*

<sup>2</sup>*M.M. Gryshko National Botanic Garden, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl*

*Camellia* genus belongs to the Theaceae family, found in southern and eastern Asia, from the Himalayas east to Japan and Indonesia. Green tea (*Camellia*) has received much attention as a beverage worldwide during the last few decades due to its various beneficial effects on human health, including different types of cancer, heart disease, and liver disease, etc. (Chacko et al., 2010; Bashir et al., 2014). *Camellia japonica*, native to southern Asia (China, Taiwan, Korea, and Japan), is mainly used as an ornamental plant due to its colorful flowers presenting over 32,000 recognized cultivars (Savige, 1993; Vela et al., 2013; Páscoa et al., 2019). A thorough literature survey carried out on *C. japonica* revealed that this species has been used traditionally in oriental ethnomedicine for health purposes, such as the treatment of stomach disorders, blood vomiting and bleeding due to internal and external injury, as well as a tonic and anti-inflammatory agent

(Yoshikawa et al., 2007; Salinero et al., 2012). The fruits of this plant are used as traditional phytomedicine for inflammatory and immunomodulatory diseases (Akanda and Park, 2017). The extract prepared from mature leaves of *C. japonica* has been widely used as an anti-aging material in foods and cosmetics (Mizutani and Masaki, 2014). Nevertheless, we can conclude from the bibliography analyzed that the antioxidant properties have not been comprehensively investigated among *C. japonica* cultivars. In the study of Páscoa and co-workers (2019), the antioxidant profile (total phenolic and flavonoid content and total antioxidant capacity) of 31 *C. japonica* cultivars leaves was determined and further assessed by near- and mid-infrared spectroscopy.

It is believed that the accumulation of oxidatively damaged proteins is associated with an age-related decline in cellular function. Recently, mammalian animal models have been used to evaluate the levels of these damaged proteins as biomarkers of oxidative stress (Friguet and Baraibar, 2019; Kämpf et al., 2019). The susceptibility of horses to oxidant-induced erythrocyte damage is demonstrated (Walter et al., 2014). Numerous studies using erythrocytes for evaluation of the biological effects of medicinal plant extracts in cytotoxicity and toxicity assays have been published in the recent literature (Figueirêdo Júnior et al., 2019). In this context, we have undertaken an attempt to determine the antioxidant activity of six cultivars, i.e. *Camellia japonica* ‘Kramer’s Supreme’, ‘C.M. Wilson’, ‘La Pace’, ‘Mrs. Lyman Clarke’, ‘Benikarako’, ‘Fanny Bolis’ plants using the biomarker of oxidative modification of proteins [aldehydic and ketonic derivatives] in the *in vitro* equine plasma model. Investigations of this type are indicated and used for the preliminary *in vitro* toxicological evaluation of substances with the potential pharmacological application.

The leaves of *Camellia japonica* ‘Kramer’s Supreme’, ‘C.M. Wilson’, ‘La Pace’, ‘Mrs. Lyman Clarke’, ‘Benikarako’, ‘Fanny Bolis’ plants cultivated under glasshouse conditions, were sampled at M.M. Gryshko National Botanic Garden (Kyiv, Ukraine). Freshly collected leaves were washed, weighed, crushed, and homogenized in 0.1M phosphate buffer (pH 7.4) (in proportion 1:19, w/w) at room temperature. The extracts were then filtered and used for analysis. The extract was stored at -20°C until use.

Eighteen healthy adult horses from the central Pomeranian region in Poland (village Strzelinko, N54°30’48.0” E16°57’44.9”), aged 8.9±1.3 years old, including 6 Hucul pony, 5 Thoroughbred horses, 2 Anglo-Arabian horses, and 5 horses of unknown breed, were used in this study. All horses participated in recreational horseback riding. Blood was drawn from the jugular vein of the animals in the morning, 90 minutes after feeding, while the horses were in the stables (between 8:30 and 10 AM). Blood samples were processed for analysis less than 12 h after blood withdrawal. Blood was stored in tubes with sodium citrate as the anticoagulant and held on the ice until centrifugation at 3,000 rpm for 5 min to remove plasma. The pellet of blood was resuspended in 4 mM phosphate buffer (pH 7.4). A volume of 0.1 ml of the plant extracts was added to 1.9 ml of equine plasma. For positive control, phosphate buffer was used. After incubating the mixture at 37°C for 60 min with continuous stirring, it was centrifuged at 3,000 rpm for 5 min. Plasma aliquots were used in the study.

To evaluate the protective effects of the extract obtained from leaves of *Camellia* cultivars against free radical-induced protein damage in equine plasma, a carbonyl derivatives content of protein oxidative modification (OMP) assay based on the spectrophotometric measurement of aldehydic and ketonic derivatives in the plasma was performed. The rate of protein oxidative destruction was estimated from the reaction of the resultant carbonyl derivatives of amino acid reaction with 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNFH) as described by Levine and co-workers (1990) and as modified by Dubinina and co-workers (1995).

When equine plasma was incubated with extracts obtained from *C. japonica* cultivars, the content of aldehydic derivatives of OMP was non-significantly increased. The percent of

the increase oscillated from 0.2 % ('Benikarako') to 2.4 % ('C.M. Wilson'). Of the six plant extracts screened, *C. japonica* 'La Pace' exhibited the highest increase of the level of ketonic derivatives of OMP (by 15.3%,  $p > 0.05$ ). *Camellia* cultivars 'C.M. Wilson', 'Kramer's Supreme', 'Benikarako', 'Mrs. Lyman Clarke', and 'Fanny Bolis' exhibited a non-significant increase of ketonic derivatives' level (by 10.8 %, 10.8 %, 7.6 %, 6.6 %, and 6.3 %,  $p > 0.05$ , respectively).

Some fluctuations in the protein oxidation profile in the plasma across different cultivars were found. It would be reasonable to suggest that such differences could be related to the plant's metabolic state. Moreover, it could be explained by the various genetic background of various cultivars used in the current study. It is known, that cultivated *Camellia japonica* has been domesticated for centuries. In *C. japonica*, like most other ornamental flowers, the domestication process has resulted in several types of double flowers characterized by varying degrees and morphology of excessive petals (Sun et al., 2014). Its remarkable diversity of floral forms imparts a rich resource for understanding the genetic regulation of floral patterning and forms (Gao et al., 2005; Sun et al., 2014). Cultivated *Camellia* contains more than 5 types of double flowers with distinctive floral forms semi-double, formal-double, anemone, rose or peony doubles, mainly distinguished by number and arrangement of petals and stamens form (Li et al., 2017).

In conclusion, the content of the aldehydic and ketonic derivatives as a biomarker of protein oxidation was non-significantly altered after *in vitro* incubation with extracts obtained from selected *Camellia japonica* cultivars. The percent of the increase had oscillated from 0.2 % ('Benikarako') to 2.4 % ('C.M. Wilson'). Of the six plant extracts screened, *C. japonica* 'La Pace' exhibited the highest increase of the level of ketonic derivatives of OMP. Cultivars 'C.M. Wilson', 'Kramer's Supreme', 'Benikarako', 'Mrs. Lyman Clarke', and 'Fanny Bolis' exhibited a non-significant increase in ketonic derivatives' levels. We attribute the observed differences to the use of *Camellia japonica* cultivars with various genetic backgrounds. Moreover, such differences could be related to the plant's metabolic state. Overall, our analysis suggests that screening of *Camellia* species for other biological activities including antioxidant and anti-inflammatory activities is essential and may be effective for searching the preventive agents to be used in the pathogenesis of some metabolic diseases.

*This study was carried out during the Scholarship Program supported by The Polish National Commission for UNESCO in the Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk (Poland). We thank The Polish National Commission for UNESCO for supporting our study.*

## ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН / PLANT PHYSIOLOGY

**Гункевич С., Бігун Ю., Монастирська С.**

### АНТИОКСИДАНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН РОДИНИ *ASTERACEAE*

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка  
вул. Т. Шевченка, 23, м. Дрогобич, 82100, Україна  
e-mail: [biochem.ddpu@gmail.com](mailto:biochem.ddpu@gmail.com)

**Hunkevych S., Bihun Yu., Monastyrska S.** ANTIOXIDANT PROPERTIES OF SOME MEDICINAL PLANTS OF THE *ASTERACEAE* FAMILY. There has been conducted an investigation of the antioxidant properties of some medicinal plants of the *Asteraceae* family. To characterize the antioxidant properties, the indicators of the enzymatic and non-enzymatic antioxidant system. When comparing the results, it should be noted that plants *Tanacetum vulgare L.*, *Achillea millefolium* and *Matricaria recutita L.* have significant antioxidant properties. This indicates the expediency of using these plants as natural sources of antioxidants in the cosmetic, pharmaceutical and food industries.

Екологічна й економічна ситуація впливає на зменшення опірності та зниження захисних (зокрема, антиоксидантної) систем людини. Унаслідок цього в організмі відбувається нагромадження вільних радикалів, які активують окиснювальні процеси. Для усунення негативної дії вільних радикалів широко використовуються антиоксиданти. Джерелами антиоксидантів можуть бути природні або синтетичні речовини. Актуальним завданням останніх років є пошук нешкідливих, ефективних і доступних природних джерел антиокиснювачів замість синтетичних. Цими джерелами є лікарські рослини, які містять у своєму складі комплекси фенольних (флавоноїди, катехіни), поліфенольних сполук, вітаміни (С, А, Е, К), каротини та мінеральні речовини (Prochazkova, 2011).

Однією з найбагатших за кількістю видів лікарських рослин є родина *Asteraceae*. Серед представників родини *Asteraceae* трапляються види, які характеризуються різноманітним хімічним складом і проявляють антиоксидантні властивості.

Концентрація хлорофілу *a* у досліджуваних рослинах коливається в межах 0,47–2,32 мг/л. Найвищий показник у квітах *Achillea millefolium* (2,32±0,193 мг/л.); найнижчий у листках *Arctium lappa L.* (0,47 ± 0,146 мг/л). Концентрація хлорофілу *b* у досліджуваних рослинах коливається в межах 0,55 – 2,56 мг/л. Найвищий показник концентрації хлорофілу *b* у квітах *Tanacetum vulgare L.* – 2,56±0,21 мг/л, найнижчий у листках *Arctium lappa L.* – 0,56 ± 0,111 мг/л. Концентрація каротиноїдів у досліджуваних рослинах родини *Asteraceae* перебуває в межах 2,92 – 20,65 мг/л. Найвищі показники у квітах *Tanacetum vulgare L.* та *Matricaria recutita L.* Найнижча концентрація каротиноїдів у листках *Arctium lappa L.* Таким чином, серед рослин родини *Asteraceae* найнижчі показники концентрації всіх фотосинтезуючих пігментів спостерігаються у листках *Arctium lappa L.*

Вміст аскорбінової кислоти (АК) у досліджуваних рослинах родини *Asteraceae* перебуває приблизно на одному рівні. Найвищий вміст аскорбінової кислоти у квітах *Tanacetum vulgare L.* і становить 2,61±0,22 мкг/мл, а найнижчий – у листках *Arctium lappa L.* – 1,82 ± 0,236 мкг/мл.

Каталазна активність досліджуваних рослин коливається в межах 485,5 – 5983,49 мкмоль/л. Найвища активність виявлена у квітах *Achillea millefolium* (5983,49±49,45 мкмоль/л), а найнижча – у листках *Arctium lappa L.* (485,5±1,29 мкмоль/л). Каталазна активність квітів *Tanacetum vulgare L.* та *Matricaria recutita L.* є досить високою. Встановлено, що пероксидазна активність досліджуваних рослин є низькою і коливається в межах  $3,2 \cdot 10^{-5}$  –  $19,1 \cdot 10^{-5}$  мкмоль/г.

Порівнюючи отримані результати, необхідно відзначити, що рослини *Tanacetum vulgare* L., *Achillea millefolium* та *Matricaria recutita* L. мають значні антиоксидантні властивості, що діє підстави застосовувати їх як природні джерела антиоксидантів.

**Данко Ю., Кобилецька М.**

### СТІЙКІСТЬ РОСЛИН КУКУРУДЗИ ДО ЗАСОЛЕННЯ ЗА ЕКЗОГЕННОГО ВПЛИВУ САЛІЦИЛОВОЇ КИСЛОТИ

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: yura\_danko@ukr.net*

**Danko Y., Kobyletska M. RESISTANCE OF MAIZE PLANTS TO SALINIZATION UNDER EXOGENIC INFLUENCE OF SALICYLIC ACID.** The paper presents the results of the analysis of exogenous influence of salicylic acid on the level of stress resistance of a corn plant. The stress factor is salinization. Experiments have shown that salicylic acid has a positive effect on the increase of stress resistance. This effect is evidenced by - growth rates, the dry mass content, the content of malonic dialdehyde and carotene.

Дослідження стійкості рослин до стресових впливів навколишнього середовища є однією з найважливіших проблем у сучасній біології. Знання природних захисних реакцій рослин може дозволити ефективно керувати ними з метою підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Через стрімке зростання чисельності населення щодня збільшується попит на продукти харчування, зокрема, й на сільськогосподарську продукцію. Для того, щоб забезпечити потреби людства, необхідно збільшувати продуктивність сільського господарства та намагатися використовувати землі, які до цього часу, були не придатними (Колупаєв, 2010)

Мета наших досліджень – з'ясувати можливість підвищення стресостійкості рослин, зокрема, до засолення, за умов екзогенної обробки саліциловою кислотою. Дослідним об'єктом обрали рослини кукурудзи (*Zea mays*). Кукурудза – головна енергетична та фуражна культура у світі. Із загального світового виробництва зерна кукурудзи понад 60 % використовують на корм тваринам, понад 25 % – як харчовий продукт, а решта 15 % для промислової переробки і виробництва олії, цукру, крохмалю, спирту, глюкози (Мусієнко В.В., 2015). Дослідження формування стресостійкості рослин до засолення є дуже актуальним, оскільки близько 5,7 млн га сільськогосподарських земель є надмірно засоленими. За прогнози експертів, площа засолених ґрунтів у 2050 році може досягнути 17 млн га (Ісаєнков, 2012).

Для проведення дослідів попередньо замочували насіння кукурудзи в розчині саліцилової кислоти (0,05 мМ) протягом 3 год. Для порівняння контрольне насіння замочували в дистильованій воді. Насіння пророщували в термостаті, а на 5-ту добу росту пересаджували на водне середовища у таких варіантах: 1. дистильована вода (контроль); 2. NaCl (0,1 М); 3. NaCl (0,22 М). За допомогою цих маніпуляцій ми моделювали різні ступені засоленості, які є стресовим чинником для рослин, та здатність саліцилової кислоти підвищувати стресостійкість рослин. Для визначення впливу саліцилату і NaCl на рослини визначали морфометричні показники, масу сухої речовини, активність процесів перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) за утворенням малонового діальдегіду (МДА), та вмісту каротину. Усі дослідження проводили на кафедрі фізіології та екології рослин Львівського національного університету імені Івана Франка. У результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки. Засолення у концентраціях 0,1 М та 0,22 М спричинювало зменшення морфометричних параметрів, зменшення вмісту сухої речовини і зростання вмісту ТБК– активних продуктів у коренях і пагонах рослин кукурудзи, що свідчить про активацію ПОЛ за впливу стресора. Попередня обробка насіння кукурудзи

саліциловою кислотою послаблювала ефект інгібування росту коренів і пагонів рослин та спричинювала зростання маси сухої речовини в органах рослин за умов засолення. Обробка насіння саліциловою кислотою спричинювала зниження рівня ТБК-активних продуктів у тканинах досліджуваних рослин за дії засолення, що свідчить про зменшення інтенсивності перекисного окиснення ліпідів за цих умов. Саліцилова кислота сприяла нагромадженню каротину у пагонах рослин за дії засолення.

**Качмар О., Кобылецька М.**

**ВПЛИВ САЛІЦИЛОВОЇ КИСЛОТИ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ СИСТЕМУ РОСЛИН КУКУРУДЗИ ЗА УМОВ ЗАСОЛЕННЯ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: kachmarolga.2017@gmail.com*

**Kachmar O., Kobyletska M. EFFECT OF SALICYLIC ACID ON THE PHOTOSYNTHETIC SYSTEM OF MAIZE PLANTS.** The study of molecular mechanisms of plant resistance to environmental stress is one of the most important problems in modern experimental plant biology. One of the key reactions of plants to the action of environmental stressors is the content of phytohormones, which cancels the necessary function in growth, morphogenetic and adaptive processes. Salicylic acid (SA), which is an endogenous phytohormone involved in the formation of plant resistance to biotic and abiotic stressors, should be used for such compounds. Metabolic adjustments caused by SA are important for the adaptation of plants to further stress. There is a tendency to decrease the content of chlorophyll with increasing concentration of NaCl. As the stressor concentration increased, a decrease in the ratio of chlorophyll a and b was observed, due to an increase in the percentage of chlorophyll b. Also with increasing concentration of NaCl found an increase in carotenoids. There is a tendency to increase the content of pheophytins with increasing concentration of NaCl. However, in variants with the use of SA such changes were not observed.

За впливу забруднення довкілля та змін інших екологічних чинників погіршилися умови функціонування рослин. Нераціональний вплив людини на навколишнє середовище часто призводить до негативних непередбачуваних наслідків, одним з яких є засолення, яке спричинює розпад білків, зміну складу клітинних мембран і функціонування фотосинтетичного апарату (Макеева та ін., 2013). Дослідження молекулярних механізмів стійкості рослин до стресових впливів навколишнього середовища є однією з найважливіших проблем у сучасній експериментальній біології рослин. Однією з ключових реакцій рослин на дію стресових факторів довкілля є зміна вмісту фітогормонів, які відіграють важливу функцію в ростових, морфогенетичних і адаптивних процесах. До таких сполук належить саліцилова кислота (СК), яка, будучи ендегним фітогормоном, бере участь у формуванні стійкості рослин до біотичних і абіотичних стресорів. Вона задіяна у регуляції процесів дихання, руху протоплазм, фотосинтезу, проростання насіння, впливає на ріст коренів, листків, швидкість дозрівання плодів, викликає специфічні зміни в анатомічній будові листка та хлоропластових структурах. Встановлено, що СК впливає на генерування активних форм кисню (АФО), активність ферментів антиоксидантної системи. Перебудови метаболізму, зумовлені СК, мають важливе значення для адаптації рослин до подальших стресових навантажень (Маменко та ін., 2010).

Метою нашої роботи було визначити вміст пігментів у рослинах кукурудзи за дії засолення та саліцилової кислоти. Об'єктом досліджень слугувала кукурудза (*Zea mays* L.) сорту Закарпатська жовта зубовидна, вирощена методом водної культури. Попередньо насіння замочували у воді (контроль) та розчині саліцилової кислоти (0,05 мМ) (дослід) упродовж 3 год, потім пророщували за загальноприйнятою методикою. Спершу насіння

пророщували в термостаті, а на 4-ту добу проростки пересаджували у скляні посудини. Рослини вирощували на водних розчинах NaCl (0,1M; 0,22M). Контрольні рослини вирощували на дистильованій воді. Морфометричні показники визначали за стандартними методами. Вміст фотосинтетичних пігментів і феофітинів визначали фотоколориметрично. Усі експерименти здійснювали у трикратній повторності, результати опрацьовано статистично.

Аналізуючи дані досліджень, встановили, що зі збільшенням концентрації солі довжини коренів та пагонів зменшувалися. Найнижчі результати були зафіксовані у групі проростків кукурудзи, де для замочування використовували воду, а як субстрат – 0,22 М водний розчин NaCl. Сповільнення росту органів за умов сольового стресу може бути спричинене багатьма факторами. Наприклад, сповільненням росту і поділу клітин меристеми через інгібування їхнього метаболізму і зміни у структурі клітинної стінки (Fan L. et al, 2004). Важливе значення для життєдіяльності рослин відіграють фотосинтезуючі пігменти. Саме тому ми вирішили дослідити, як змінюється їхній вміст у рослин кукурудзи за дії засолення. Простежується тенденція зменшення вмісту хлорофілів зі зростанням концентрації NaCl. Вміст хлорофілу *a*, який є основним пігментом хлоропластів, знижується зі зростанням концентрації NaCl. Зміни вміст хлорофілу *b* були істотними тільки у варіанті впливу 0,22 М NaCl. Із посиленням концентрації стресора спостерігали зменшення співвідношення хлорофілів *a* та *b*, унаслідок зростання відсоткового вмісту хлорофілу *b*. Також за зростання концентрації NaCl встановили збільшення вмісту каротиноїдів. Такі результати можна пояснити протекторною функцією каротиноїдів (Терек та ін., 2011; Фекета, 2011). Зростання концентрації червоних і жовтих пігментів відіграє захисну роль, запобігаючи фотоокисненню хлорофілу. СК спричинювала збільшення вмісту каротиноїдів. Простежується тенденція зростання вмісту феофітинів зі збільшенням концентрації NaCl. Проте у варіантах із застосуванням СК такі зміни не спостерігалися.

Виходячи з результатів досліджень, можна зробити висновок, що СК позитивно впливає на всі компоненти пігментного апарату, зменшуючи утворення феофітинів і збільшуючи концентрацію каротиноїдів. Отже, СК має стреспротекторний вплив на фотосинтетичний апарат рослин за дії засолення.

**Ляхович М., Клепач Г.**

#### ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОСТІ НАНОЧАСТИНОК ХРОМ ЦИТРАТУ МЕТОДОМ ALLIUM-ТЕСТУ

*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка  
вул. Шевченка, 23, м. Дрогобич, 82100, Україна  
e-mail: liahovych17@gmail.com*

**Liahovych M., Klepach H.** PHYTOTOXICITY ASSESSMENT OF CHROME CITRATE NANOPARTICLES USING ALLIUM-testo. Nanoparticles chrome citrate are the latest nano-products, the physical properties and biological effects of which are actively studied. Research of the phytotoxicity of chromium citrate nanoparticles on plant morphogenesis and determination of biologically favorable concentrations of this substance to the plant test object *Allim cepa* is relevant for crop production as a potential component of phytopreparations - biostimulators of plant growth and development.

Наночастинки хром цитрату (НХЦ) є новою сполукою, продуктом нанотехнологій, отримані ерозійно-вибуховою нанотехнологією за методом Каплуненка-Косінова (Косінов, 2008). Розробники методу синтезу наночастинок цитратів есенціальних елементів вважають, що отримані ними сполуки є екологічно безпечними, нетоксичними й перспективними до застосування у рослинництві (Дмитруха, 2012). НХЦ можна додавати до компоненти препаратів-біостимуляторів росту рослин як джерело збагачення рослинної

сировини хромом у біологічно доступній та безпечній формі для здоров'я та харчування. Визначення біологічно сприятливих та фітотоксичних концентрацій НХЦ стосовно морфогенезу рослин є важливим для подальшого їх застосування у агротехнологіях. Важливим етапом на шляху впровадження нових препаратів у виробництво є проведення комплексу досліджень, які передбачають вивчення їхніх токсичних властивостей за допомогою стандартних тест-систем і тест-об'єктів (Трахтенберг, 2016). Задля оцінки біологічної активності НХЦ було використано *Allium*-тест (Fiskesjo, 1997). Останній є широко визнаним методом біотестування оцінки токсичності / нетоксичності сполук, що рекомендується вітчизняними експертами та Міжнародною комісією із захисту від мутагенних і канцерогенних сполук (Трахтенберг, 2016).

Метою дослідження є з'ясувати біологічний вплив НХЦ різних концентрацій на ростову активність тест-об'єкта у *Allium*-тесті. Досліджено ростову активність та морфологічні показники корінців цибулин *A. sepa*, вирощених у розчинах НХЦ у діапазоні концентрацій від 0,01 до 10,0 мг/л. Встановлено, що розчини НХЦ у діапазоні концентрацій 0,01-0,05 мг/л не викликають зміни тургесценції, кольору та форми кінчиків корінців цибулин тест-об'єкта. Ростова активність корінців *A. sepa* достовірно не відрізняється порівняно з контролем та дослідними варіантами. Отож, НХЦ у діапазоні 0,01-0,05 мг/л фітотоксичності не спричиняють. Рівень толерантності (ІТ<sub>%</sub>) корінців цибулин *A. sepa* до зазначених концентрацій наночастинок є високим і становить 80,84 % та 92,81 %, відповідно. Вищі концентрації НХЦ спричиняють вищі рівні фітотоксичності. Зокрема, у діапазоні концентрацій від 0,05 до 0,10 мг/л чинять фітотоксичну дію середнього рівня, у діапазоні концентрацій від 0,10 до 0,50 мг/л – вище середнього рівня, від 0,50 до 1,00 мг/л – високого рівня стосовно ростової активності корінців цибулин *A. sepa*. У діапазоні концентрацій НХЦ від 5 до 10 мг/л – росту корінців цибулин *A. sepa* не спостерігається: замість них є тонкі короткі кореневі волоски, які легко відпадають від денця цибулини після дотику. Отож, НХЦ з концентрацією 5 мг/л і вище, спричиняють фітотоксичність максимального ( $\approx 100$ ) рівня стосовно ростової активності тест-об'єкта *A. sepa*.

**Шкоропад О., Романюк Н.**

**ПОСУХОСТІЙКІСТЬ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ ЗА ПОКАЗНИКАМИ  
ЗАГАЛЬНОГО ВМІСТУ БІЛКА І ПРОЛІНУ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005, Україна  
e-mail: Olena.Shkoropad@lnu.edu.ua*

**Shkoropad O., Romanyuk N. DROUGHT TOLERANCE OF SPRING WHEAT IN TERMS OF TOTAL PROTEIN AND PROLINE CONTENT.** Wheat is one of the most important cereals in the world, which serves as an important source of food for humans. In many parts of the world, drought has a serious impact on wheat growth and yield. To cope with drought stress, most higher plants accumulate various compatible solutes – proteins, betains, amino acids, sugars, etc. The aim of the work was to assess the drought tolerance of eight different varieties of spring wheat in terms of the total protein and proline contents at the early stages of growth in the vegetation experiment and to compare these results with the previously determined indexes of leaf water status.

Пшениця - одна з найважливіших зернових культур у всьому світі, на яку припадає 20 % від загальної кількості калорій і білків у раціоні людини (Schmidt, 2020). Проте у багатьох регіонах світу посуха негативно впливає на ріст і врожайність цієї культури (Igrejas, 2020). Для подолання дії посухового стресу більшість вищих рослин нагромаджують різні осмоліти – білки, бетаїни, амінокислоти, цукри (Нou, 2021; Li, 2021). Метою нашої роботи було оцінити посухостійкість різних сортів пшениці ярої за показниками загального вмісту

білка та проліну після відновлення поливу на ранніх етапах росту в умовах вегетаційного експерименту.

У роботі використано 8 сортів пшениці ярої: Панянка, Світлана, Етюд, Ізольда, Райдужна (Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла), Голіковська, Чадо, Спадщина (Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва). Вирівняні за розміром 3-добові проростки вирощували у вегетаційних горщиках, заповнених перлітом, у теплиці. Для підживлення використовували розчин Хогланда-Арнона (Hoagland, 1938). Умови посухи створювали припиняючи полив 3-тижневих рослин до появи візуальних ознак в'янення, після чого полив відновлювали. Кількісний вміст білка та проліну визначали у листках третього ярусу через тиждень після відновлення поливу. Спектрофотометричне визначення загальної кількості білка здійснювали за методом Бредфорда, проліну – за методом Макроносова (Долгова, 2008).

Найвищий вміст білка, в перерахунку на масу сирої речовини, виявлено у листках пшениці середньо посухостійких сортів Райдужна, Голіковська, Спадщина, які попередньо визначили за показниками водного режиму (Шкоропад та ін., 2020). У листках рослин сорту Панянка, чутливого до нестачі вологи, рівень білка був найнижчим. Водночас низький вміст білка та високий вміст проліну, важливого клітинного осмоліта, спостерігали у рослин посухостійкого сорту Чадо, що узгоджується з високими значеннями показників водоутримної здатності, визначеними попередньо. Також високий вміст проліну і білка був виявлений у листках пшениці сорту Спадщина. Низький вміст проліну виявлено у листках сортів Ізольда та Світлана. У рослин посухостійкого сорту Етюд також виявлено низький вміст проліну, що вказує на ймовірність існування інших механізмів стійкості або ж на здатність до швидких адаптаційних перебудов задля відновлення метаболізму.

Отже, узагальнюючи попередньо отримані дані щодо ростових показників, показників водного режиму рослин, можемо припустити, що посухостійкість пшениці с. Чадо частково визначена високим вмістом проліну; сортів Райдужна і Голіковська – високим вмістом білка. Водночас високі показники загального вмісту білка і проліну в листках сорту Спадщина, чутливого до дії посухи – результат низького відносного вмісту вологи у цих органах. Порівняно низький вміст проліну та білка в листках більшості стійких сортів вже через тиждень після відновлення поливу може бути зумовлений саме високою адаптаційною пластичністю обміну речовин, а також високим рівнем оводненості тканин, а отже, активними процесами росту.

**Яртим Х., Юкіш В., Клепач Г.**

**ОЦІНКА БІОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ НАНОЧАСТИНОК КОБАЛЬТ ЦИТРАТУ  
НА РОСТОВУ ТА ПРОЛІФЕРАТИВНУ АКТИВНІСТЬ  
ALLIUM CEPA ЯК ТЕСТ-ОБ'ЄКТА**

*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка  
вул. Шевченка, 23, м. Дрогобич, 82100, Україна  
e-mail: hristinaartim2@gmail.com*

**Yartym K., Yukish V., Klepach H. ASSESSMENT OF OF BIOLOGICAL INFLUENCE OF COBALT CITRATE NANOPARTICLES ON GROWTH AND PROLIFERATIVE ACTIVITY ALLIUM CEPA AS A TEST-OBJECT.** Nanoparticles cobalt citrate are the latest nanoproducts, the biological effects of which are actively studied to plants. Research of the phytotoxicity and cytotoxicity of cobalt citrate nanoparticles to plant morphogenesis and determination of biologically favorable concentrations of this substance is relevant for crop production as a potential component of phytopreparations – biostimulators of plant growth and development.

До переліку новосинтезованих наночастинок методами акватехнологій належать цитрати біогенних металів, які можуть використовуватись у садівництві та рослинництві

для підвищення врожайності (Косінов, 2009). Серед них наночастинки кобальт цитрату (НКЦ), які містять важливий для нормального перебігу морфогенетичних процесів рослин есенціальний метал (Макрушин, 2006). Водночас наночастинки, поряд із високою біологічною активністю, можуть бути й токсичними стосовно рослин порівняно зі звичайними мікрочастками, індукуючи у них зміни на організменому, клітинному та молекулярному рівнях (Чекман, 2011). Задля оцінки біологічного впливу НКЦ, отриманих ерозійно-вибуховою нанотехнологією за методом Каплуненка-Косінова (Косінов, 2008), було застосовано *Allium*-тест (Fiskesjo, 1997). Останній є широко визнаним методом біотестування оцінки токсичності сполук (Трахтенберг, 2016).

Метою дослідження є оцінити біологічний вплив НКЦ різних концентрацій на ростову та проліферативну активність *Allium cepa* як тест-об'єкта. У роботі використані НКЦ ТОВ “Наноматеріали і нанотехнології” (м. Київ) з концентрацією 3 г/л. Контролем слугувала дистильована вода. Розчини НКЦ готували на дистильованій воді. Тест-об'єктом слугували цибулини *A. cepa* сорту *Stuttgarter Riesen*. Біологічний вплив розчинів різних концентрацій НКЦ визначали у модифікованому варіанті *Allium*-тесту (Прохорова, 2001).

Досліджено морфологічні та морфометричні ознаки корінців цибулин *A. cepa*, вирощених у розчинах НКЦ в діапазоні концентрацій від 0,25 до 20,0 мг/л. Встановлено, що розчини НХЦ у діапазоні концентрацій 0,25–2,50 мг/л не викликають зміни тургесценції, кольору та форми кінчиків корінців цибулин тест-об'єкту. Ростова активність корінців *A. cepa* достовірно не відрізняється порівняно з контролем: рівень фітотоксичності (IFT<sub>%</sub>) відсутній, а індекс толерантності (IT<sub>%</sub>) корінців цибулин *A. cepa* є високим і становить 94,64–98,57 %. Отож, НХЦ у зазначеному діапазоні концентрацій НХЦ фітотоксичності не спричиняють. Однак, акварозчини НХЦ за концентрації 5,00 мг/л спричиняють високий рівень токсичності (IFT<sub>%</sub> = 79 %), а за концентрації 7,5 мг/л і вище – максимальний (IFT<sub>%</sub> = 80–92 %). У діапазоні концентрацій НХЦ від 7,5 до 20 мг/л – росту корінців цибулин *A. cepa* не спостерігається, замість них візуалізуються тонкі коротенькі (до 3–5 мм) коренеподібні волоски, які легко відпадають після дотику до цибулини.

Проліферативна активність меристеми корінців цибулин *A. cepa*, вирощених у розчинах НКЦ у діапазоні концентрацій від 0,25 до 2,50 мг/л, є нормальною. Мітотичний і фазні (про-, мета-, ана- й телофазні) індекси достовірно не відрізняються від контрольних показників. Цито- і мітотоксична дія відсутня. НКЦ за концентрацій 2,50 мг/л і вище спричиняють цитотоксичну дію високого рівня (≥80 %), порушуючи перебіг основних фаз мітозу.

<sup>1</sup>Makar O., <sup>1</sup>Kavulych Y., <sup>1</sup>Patsula O., <sup>1</sup>Terek O., <sup>2</sup>Kuźniar A.,  
<sup>3</sup>Kozlovskyy V., <sup>1</sup>Romanyuk N.

#### BACTERIAL ENDOPHYTES AND MICROELEMENTS IN SPRING WHEAT GRAIN

<sup>1</sup>Ivan Franko National University of Lviv

4, Hrushevsky St., 79005 Lviv, Ukraine

<sup>2</sup>The John Paul II Catholic University of Lublin, Institute of Biological Sciences

11, Konstantynów St., 20-708, Lublin, Poland

<sup>3</sup>Institute of Ecology of the Carpathians NAS of Ukraine

4, Kozelnytska St., 79026 Lviv, Ukraine

e-mail: orysia.makar@lnu.edu.ua

Micronutrient malnutrition belongs to the most serious nutritional disorders, particularly in the areas where calories intake confined mostly by staple cereals (Welch et al., 1999; WHO, 2006). There is a serious mineral deficiency particularly for Iron [Fe], Zinc [Zn] and Copper [Cu] in human diet worldwide and in Ukraine too. Micronutrient malnutrition is often considered as ‘hidden hunger’, and is among the most serious nutritional disorders in the world (Murgia et al., 2012; WHO, 2006; Cakmak, 2008). The content of micronutrients in plant products depends

on the mineral concentration in the soil, soil pH, climate conditions, agronomic management practices as well as the ability of plants to transport these elements into harvested parts (Ramzan et al., 2020)

Microbe-based technologies, including bacterial endophytes, are gaining importance for improving soil properties, enhancing yield and for biofortification of plant organs with various nutrients (Kumar and Hyde 2004; Pimentel et al., 2011). The application of micronutrients also changes the soil microbiome (Wolińska et al., 2014). On the other hand, the micronutrients concentration in wheat grains to the great extent depends on rhizosphere microorganisms and endophytes (Kumar and Hyde 2004; Pimentel et al., 2011, Wolińska et al., 2017). Researchers have indicated the presence of one or more types of endophytes in every single plant studied to date (Strobel and Daisy, 2003). In recent studies, endophytes have been shown to have an important role in promoting plant growth and yield, rich sources of phytohormones, suppressing pathogens, removing contaminants, solubilizing phosphate or contributing to nitrogen assimilation (Singh et al. 2017, Hallmann et al., 2006; Johnson et al., 2004; Rodriguez et al., 2008). Such ability could be considered as a novel strategy to mitigate the repercussions of global climate change on agricultural crops and arable lands. In particular, beneficial wheat microbial strains could be considered as a sustainable tool not only for improving the yield, but for obtaining better micronutrient quality of wheat grains (Rehman et al., 2018).

The aim goal of this work was to isolate and identify grain endophytic bacteria from four spring wheat varieties (Oksamyt myronivs'kyi, Struna myronivs'ka, Dubravka (*T. aestivum*) and Holikovs'ka (*T. turgidum* subsp. *dicoccum*)) grown in the field condition under low microelements bioavailability, soil pH 7.15, and investigate their potential relation with the grain yield and concentration of Fe, Zn and Cu in grains. We hypothesized that some wheat grain bacterial endophytes can be used to promote wheat growth and improve micronutrient content in grains, that is an important food security concern for the future.

Using an interactive tool Blast and NCBI database, we were able to identify all isolates at the genera level on the basis 16S rRNA gene. The studied strains belonged to 6 genera involving *Staphylococcus*, *Pantoea*, *Sphingobium*, *Bacillus*, *Kosakonia* and *Micrococcus*. All isolated bacterial strains demonstrated the ability to synthesize indole related compounds (IRCs) during *in vitro* growth in the presence of L-tryptophan, which is generally considered as an IAA precursor (probably dependent pathway of tryptophan). Quantification through intensity of synthesis showed maximum IRCs production by two different strains *Pantoea* sp. U.MO2 and U.MO3 at all timepoints of the experiment (168 h) this strains were isolated from var. Oksamyt myronivs'kyi and *Bacillus* sp. U.H2 isolated from Holikovska grains. The highest GY was recorded for the bread variety Oksamyt myronivs'kyi (63.26 qt·ha<sup>-1</sup>). We observed significant differences in micronutrient concentrations between studied wheat varieties. The genotype with the highest average Fe and Cu bioconcentration value in grains was the variety Dubravka, emmer Holikovs'ka have been characterized by the highest grain concentration of Zn.

Presented results provide novel insight into the associations among the grain endophytic bacteria, Fe, Zn, Cu concentrations, and grain yield in the *T. aestivum* and *T. turgidum* subsp. *dicoccum* spring wheat varieties under limited bioavailability of these microelements in the field. High yielding Dubravka and Oksamyt myronivs'kyi bread varieties accumulated more Fe, as well as Cu and Zn, in grains when grown under natural micronutrient deficiency environment on Chernozem carbonate soil with high content of organic matter. The obtained data suggest that grains of studied varieties are internally associated with a community of bacteria some of which have potential to be used as PGP inoculants for microelements biofortification purposes.

This work was supported by the Visegrad Fund, Visegrad Scholarship grant number 51810815 and partially supported by the CRDF-Global grant, Project OISE 16-62755-0.

**АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК / INDEX OF AUTHORS**

**A**

Afonina U., 30  
Aleksandrowicz O., 166  
Aristova D., 118  
Astel A., 151

**B**

Borisova T., 30  
Brodyak I., 55, 56, 57, 194  
Buyun L., 53, 190, 192, 195, 197, 219

**C**

Chaban M., 55  
Chernii S., 118, 211

**D**

Deneka M., 119  
Dmytruk K., 203  
Dmytruk O., 203  
Dovbeshko G., 30  
Dzhura M., 19  
Dzhura N., 19  
Dzydzan O., 55, 56, 57

**F**

Fedorenko O., 120  
Fedorenko V., 120  
Formanchuk R., 66, 67

**G**

Gnatyshyna L., 59, 66, 67  
Gnatyuk O., 30  
Góralczyk A., 190, 192, 195  
Gromyko O., 120  
Gyrenko O., 53, 190, 192, 195, 219

**H**

Hertsyk D., 57  
Hetmański T., 149, 167  
Honcharenko V., 197

**J**

Jarosiewicz A., 148

**K**

Kachor A., 120  
Kalanova S., 56  
Karmash O., 58  
Kasatkina L., 68  
Kashuba E., 176  
Kasiyan O., 212  
Kavulych Y., 228  
Kazimierczak M., 167  
Kharchenko I., 192, 219  
Khoma V., 59, 66, 67  
Kolesnikova A., 176

Konechnyi Y., 120  
Kosach V., 118  
Kovalevska L., 176  
Kovalska L., 53, 190  
Kovalska V., 118, 211  
Kowalczyk B., 125, 199, 214  
Kozlovskyy V., 228  
Krasinko V., 122  
Krisanova N., 30  
Kucharska A., 55, 56, 57, 194  
Kuchurka O., 57  
Kulyk N., 120  
Kurhaluk N., 53, 60, 62, 64, 69, 71, 75, 149,  
190, 192, 195, 197, 200, 212, 215, 217,  
219  
Kuźniar A., 228

**L**

Liuta M., 58  
Lukashov S., 118  
Lukianova N., 176  
Lytkin D., 66

**M**

Mackiv T., 66, 67  
Makar O., 228  
Manenko A., 212  
Manusadzianas L., 59  
Marek-Kozaczuk M., 199  
Martyniuk V., 59, 66, 67  
Maryniuk M., 192, 219  
Matskiv T., 59  
Mokhir A., 118, 211  
Moroz A., 194

**N**

Nahirnych O., 19  
Nikonchuk A., 67  
Nyshchuk R., 68

**O**

Olenchuk M., 30  
Opryshko M., 53, 192, 195, 219  
Ostash B., 119, 120, 123  
Ostash I., 119, 123  
Özkan H., 211

**P**

Palusińska-Szyszk M., 214  
Pastukhov A., 30  
Patsula O., 228  
Pekala-Safińska A., 197  
Peretyatko T., 194  
Piatetska D., 121  
Pirog T., 121, 124

Pozdnyakova N., 30  
Prokopiv A., 197

**R**

Romanyuk N., 228

**S**

Sabadashka M., 57  
Shebeko S., 66  
Sibirny A., 203  
Slominskii Yu., 118, 211  
Sokołowski W., 125, 199  
Stanovyi O., 30  
Stec M., 151  
Stefanowski N., 69, 71, 200  
Stoliar O., 59, 66, 67  
Stupchuk M., 202  
Sybirna N., 55, 56, 57, 58, 194  
Snyiugina A., 211  
Syrvatka V., 120  
Szmyjda S., 73

**T**

Terek O., 228  
Tistechok S., 120  
Tkachenko H., 53, 60, 62, 64, 69, 71, 73, 75,  
149, 190, 192, 195, 197, 200, 212, 215,  
217, 219  
Tomin V., 149  
Triakash I., 68  
Tsapko S., 122  
Tseduliak V.-M., 123  
Tymchuk I., 120

**V**

Velykyi V., 202  
Voronenko A., 124  
Voznesenskaya T., 202

**W**

Wdowiak-Wróbel S., 199  
Włodarczyk K., 125, 199, 214  
Włodarkiewicz A., 149

**Y**

Yanchuk L., 203  
Yarmoluk S., 118, 211  
Yavorska H., 203  
Yefimenko N., 58  
Yunko K., 59  
Yurchenko S., 212

**Z**

Zadvornyi T., 176  
Zhdanyuk V., 121  
Znamirowska A., 58

**A**

Андрейчук Р., 78  
Андрійчук (Радиш) Н., 11  
Андрійчук Т., 49  
Антоняк Г., 132, 140, 142  
Апуневич Г., 12  
Ардан Т., 171  
Ачкасов Д., 78

**Б**

Бабський А., 27, 173, 206, 209  
Бадичка В., 31  
Байляк М., 32, 205  
Баковська А., 20  
Баранов В., 129  
Бешлей С., 129  
Белаєва Я., 79  
Бігун Ю., 222  
Біда Д., 169  
Білик А., 21  
Білик Ж., 131  
Боднар Л., 100  
Боднарчук Н., 20  
Бойко Г., 22, 24  
Бойчук С., 80  
Борецька І., 126, 127  
Борисенко Т., 81  
Братійчук Д., 111  
Брода А., 144  
Бура М., 26  
Буцик Н., 13

**В**

Валах І., 14  
Васіна Л., 108  
Вагашук М., 32, 205  
Весніна Л., 207  
Видалоб О., 128  
Вишнякова Г., 186  
Відсанко А., 177, 180  
Візінська Г., 33  
Вільків Х., 34  
Водько Т., 14  
Волкотруб К., 82  
Волощук О., 38, 39, 50  
Вольга Д., 115  
Воробець Н., 178, 181, 188

**Г**

Галенова Т., 36  
Галицька Н., 83  
Галушка А., 179, 184  
Гарасим Н., 20  
Гарбуз Д., 84  
Гасюк О., 210  
Гачкова Г., 51

Гвоздїй С., 11  
Гедзюк В., 153  
Генега А., 28  
Гетманчук Н., 184  
Гіжецька О., 35  
Гнатуш С., 177, 180, 183, 184  
Головатюк А., 159  
Голуб Н., 104  
Гончаренко В., 83, 88  
Горбань Д., 204  
Горбулінська С., 12  
Горінь М., 113  
Граб П., 112  
Грамадик Н., 15  
Гребень І., 17  
Гренюх В., 27, 206, 209  
Гринчишин Н., 189  
Гриньова А., 98  
Громико О., 110, 116  
Гропа В., 22  
Груба О., 169  
Груна І., 177  
Грушаник Н., 170  
Гукливська А., 85  
Гункевич С., 222  
Гурза В., 32, 205  
Гусейнов М., 163

## Д

Дадашова Е., 104  
Даниленко Є., 147  
Данилик Р., 144  
Данко Ю., 223  
Демчук С., 206  
Дем'янчук О., 32  
Джура Н., 126, 127, 138  
Дика О., 90, 91, 95  
Дикий І., 155  
Домша О., 178  
Допта А., 179  
Драч Ю., 141, 143  
Дрозд І., 92  
Думич О., 144

## Є

Єфіменко Н., 35

## Ж

Жук М., 86  
Жукровська К.-О., 99  
Жуленко В., 130, 153, 164

## З

Заїченко О., 27, 173  
Звір Г., 189  
Згонник М., 87  
Зінченко В., 206

## І

Івасько О., 100  
Іккерт О., 206, 209

## К

Канецька А., 177, 180  
Капрусь І., 135, 145  
Кармаш О., 35, 40  
Карпінєць Л., 129  
Качмар Н., 184  
Качмар О., 224  
Кеца О., 33, 37, 44, 48  
Кирієнко А., 101  
Кир'яченко Є., 36  
Кияк В., 137  
Кіося Є., 157  
Кіт І., 144  
Кіян Т., 154  
Клепак О., 88  
Клепач Г., 225, 227  
Князюк І., 89  
Кобилецька М., 223, 224  
Ковальджи О., 15  
Коваль Т., 49  
Ковальчук А., 181  
Ковальчук О., 37  
Ковтун О., 102  
Козадаєва Є., 103  
Козира Р., 28  
Козир Ю., 155  
Козловська Ю., 204  
Козловський М., 133  
Колибо Д., 103  
Колінько Л., 207  
Комар Ю., 49  
Комплікевич С., 177, 180, 183  
Копильчук Г., 50  
Корнацька О., 14  
Кравчик Г., 104  
Кремпа К., 130, 153  
Креницька Д., 41, 46  
Криніна О., 103  
Крицишин-Дилевич А., 100  
Кузіна А., 131  
Кучук М., 101, 115

## Л

Лановенко О., 105, 106  
Левандівська С., 107  
Лелик І., 110  
Лесик Р., 100  
Лесів М., 132  
Лимар В., 81  
Лужецький А., 116  
Лунгул І., 38  
Лупак О., 142

Луцьович Д., 23  
 Лучик Т., 39  
 Лушак В., 32, 205  
 Любінська А., 79  
 Люта М., 35, 40  
 Ляхович М., 225

**М**

Маброукі Ю., 163  
 Мазур Г., 208  
 Мазярок І., 90  
 Макух Г., 102  
 Малей Х., 206  
 Мамчур З., 141, 143  
 Мамчур О., 18  
 Мандзинець С., 26, 27  
 Манько Б., 208  
 Манько В., 208  
 Марінеллі Ф., 99  
 Марцінюк І., 208  
 Марців М., 155  
 Маслакова А., 40  
 Масловська О., 177, 180, 183  
 Матис І., 170  
 Матійців Н., 98, 102, 113, 169  
 Мацко Є., 157  
 Мегалінська Г., 128, 131, 134, 147  
 Мелевич Я., 182, 185  
 Мельник В., 183  
 Мельник С., 114  
 Менів Н., 184  
 Мерлавський В., 208  
 Медведєва І., 133  
 Микитин М., 184  
 Микієвич І., 14, 17  
 Михед С., 134  
 Мицак О., 135  
 Мільчаковська Л., 91  
 Мітіна Н., 27, 173  
 Монастирська С., 222  
 Мороз О., 177, 180, 182, 183, 185  
 Музика Я., 23

**Н**

Нагалєвська М., 34, 42, 43, 47  
 Настека Т., 89  
 Нейлюк М., 185  
 Немеш К., 171  
 Немеш Я., 171  
 Нечипоренко Б., 41  
 Николайчук І., 31, 45  
 Нікітенко В., 175  
 Ніколенко Ю., 136

**О**

Обрадович А., 108  
 Обушак М., 173

Одінцова А., 82, 94, 96  
 Остапенко Е., 105  
 Остап'юк Ю., 173  
 Осташ Б., 114  
 Осташ І., 107, 111, 112, 117  
 Отчич В., 22, 24

**П**

Павлів Ю., 18  
 Павловська Д., 209  
 Пальна А., 24  
 Парій М., 101, 115  
 Пахаренко М., 172  
 Перетятко Т., 177, 180, 183  
 Петренко Ю., 186  
 Петрин Т., 42  
 Пилипів Ю., 137  
 Писанчин О., 43  
 Плигун В., 109  
 Подан І., 138  
 Пожоджук В., 139  
 Поліщук О., 140, 142  
 Попович М., 27  
 Притула С., 141  
 Пророчук І., 44  
 Пурій Т., 92  
 Пую Л.-О., 45

**Р**

Распопіна А., 173  
 Рахматілласєва М., 154, 158  
 Рачковська А., 46  
 Ребець Ю., 111  
 Решетило О., 158  
 Рештей Х., 25  
 Розлуцька В.-М., 47  
 Роман І., 110  
 Романов С., 174  
 Романюк Н., 13, 226  
 Романюк О., 126, 127

**С**

Савчук О., 36  
 Садигов Р., 93  
 Сакулич Х., 184  
 Самуляк О., 48  
 Санагурський Д., 20  
 Сарай І., 175  
 Селіванова Є., 204  
 Семенюк Т., 142  
 Семеренко І., 94  
 Семків М., 174  
 Семко Я., 26  
 Сербін А., 49  
 Сибірна Н., 34, 35, 40, 42, 43, 47, 51  
 Сидорко Я., 111  
 Симоненко Ю., 101, 115

Сирватка В., 117  
Сідоровський С., 154, 155, 158, 161, 162  
Скворцова М., 112  
Скороход І., 128  
Собчук С., 187  
Сова Н., 27  
Сокальчук А., 158  
Сологуб-Йосеф М., 87  
Сорочинська Х., 113  
Соханьчак Р., 129  
Стасик О. В., 169, 170, 175  
Стасик О. Г., 169, 170, 175  
Стахів В., 165  
Степанишин А., 114  
Стойка Р., 100, 173  
Страшко С., 131, 134

## **Т**

Тарновська А., 21, 23, 28  
Теклішин Д., 95  
Телішевська Н., 143  
Тимуш У., 144  
Титенко Н., 115  
Тістечок С., 110, 116  
Ткачук М.-М., 98  
Топільницька А., 188  
Топільницька Т., 209  
Тригуб С., 28  
Трищ Н., 127  
Трошин А., 159

## **У**

Урсатий М., 50  
Утевський Г., 163  
Утевський С., 155, 158, 161, 162, 163

## **Ф**

Федоренко В., 99, 110, 116, 117  
Федорович Д., 187  
Фельбаба-Клушина Л., 85, 93  
Ференц Н., 90, 91, 95  
Фінюк Н., 100, 173  
Фітель М., 96  
Фоміна Ю., 106  
Фуртак Х., 51

## **Х**

Ханик Ю., 189  
Химин О., 145  
Хомин І., 90, 91, 95

## **Ц**

Цвігун Ю., 184  
Цвілинюк О., 139  
Цирульник А., 179, 187  
Цупко Н., 52  
Цурпанова М., 147

Цьома І., 88

## **Ч**

Чайка Ю., 160  
Череватенко А., 154, 161  
Чорна Л., 102

## **Ш**

Шабанов В., 162  
Шагіна О., 163  
Шакун Д., 117  
Шалай Я., 27  
Шарій Т., 22, 24  
Швець В., 210  
Шевчик-Костюк Л., 126  
Шеремета Р., 153, 164  
Шидловський І., 153, 164  
Шкіль Р., 170  
Шкоропад О., 226  
Шпарик В., 164  
Шпічка І., 164  
Штик О., 148

## **Щ**

Щербак Н., 101

## **Ю**

Юкіш В., 227  
Юрів І., 29  
Юсип І., 117  
Ющук О., 99, 114

## **Я**

Яворська Г., 178, 181, 182, 187, 188  
Яворська Н., 178, 181, 188  
Якунькін Я., 87  
Яртим Х., 227  
Яців Г., 165

Наукове видання

**Молодь і поступ біології**

Тези доповідей

XVII Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів  
19–21 квітня 2021 р., м. Львів

**Редактор** – Л. Сідлович

**Комп'ютерна верстка** – В. Демчук

**Відповідальний за випуск** – О. Пацула

**Youth and Progress of Biology**

Abstracts

of XVII International Scientific Conference for Students and PhD Students  
April 19–21, 2021, Lviv, Ukraine

**Edirot** – L. Sidlovych

**Page proof** – V. Demchuk

**Responsible for the publication** – O. Patsula

Підп. до друку 21.04.2021. Формат 70×100/16.

Умовн. друк. арк. . Наклад 80 прим.

Гарнітура Times New Roman.

Папір офсетний. Друк офсетний.