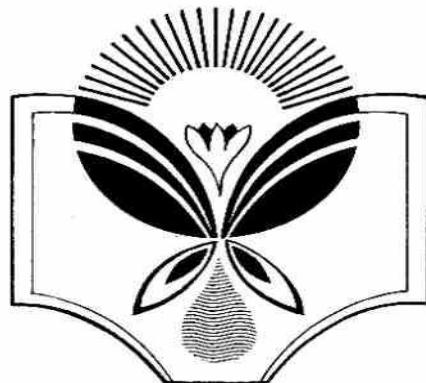




# Наукові записки

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

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



**3-4 (74)  
2018**

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету  
імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. — 2018. — № 3-4 (74). — 162 с.

*Друкується за рішенням вченої ради  
Тернопільського національного педагогічного університету  
імені Володимира Гнатюка  
від 26.12.2018 р. (протокол № 7)*

### **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

<b>М. М. Барна</b>	доктор біологічних наук, професор ( <i>головний редактор</i> ) (Україна)
<b>К. С. Волков</b>	доктор біологічних наук, професор (Україна)
<b>В. В. Грубінко</b>	доктор біологічних наук, професор ( <i>заступник головного редактора</i> ) (Україна)
<b>Н. М. Дробик</b>	доктор біологічних наук, професор ( <i>заступник головного редактора</i> ) (Україна)
<b>В. З. Курант</b>	доктор біологічних наук, професор (Україна)
<b>О. Б. Мацюк</b>	кандидат біологічних наук ( <i>відповідальний секретар</i> ) (Україна)
<b>В. І. Парпан</b>	доктор біологічних наук, професор (Україна)
<b>О. Б. Столяр</b>	доктор біологічних наук, професор (Україна)
<b>Г. І. Фальфушинська</b>	доктор біологічних наук (Україна)
<b>В. Р. Челак</b>	доктор біологічних наук, професор (Молдова)
<b>Макаї Шандор</b>	доктор габілітований, професор (Угорщина)

Коректори:	Т.П. Мельник Т.І. Белей
Комп'ютерна верстка:	Г.М. Голіней

*Наукові записки Тернопільського національного педагогічного  
університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія:*  
1. *Входять до переліку наукових фахових видань ВАК України*  
*Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356Р від 27.10.2009.*  
2. *У 2010 р. зареєстровані у Європейському інформаційному центрі*  
*періодичних видань (Франція) з наданням ISSN 2078-2357.*  
3. *Включені до наукометричної бази даних:*  
*Index Copernicus з ICV 2016: 55.00.*  
*Directory of Research Journals Indexing.*  
*Journal Factor.*  
*Open Academic Journals Index.*  
*Scientific Indexing Services.*  
*Google Scholar.*  
4. *У березні 2016 р. пройшли переатестацію на новий п'ятирічний*  
*період (наказ МОН України № 241 від 09.03.2016 р., позиція № 82).*

Українські, російські та латинські назви рослин і тварин наведені за авторським текстом  
За зміст, авторську позицію та достовірність наведених у статтях фактів, цитувань відповідальність  
несуть автори.

ББК 28  
H 34

Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.  
Series: Biology. – 2018. - № 3-4 (74). – 162 p.

*Published by the decision of the Academic Council  
of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University  
from 26.12.2018 (protocol № 7)*

#### **EDITORIAL BOARD:**

<b>M. M. Barna</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Editor-in-Chief) (Ukraine)
<b>K. S. Volkov</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
<b>V. V. Hrubinko</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Deputy Editor) (Ukraine)
<b>N. M. Drobyk</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Deputy editor) (Ukraine)
<b>V. Z. Kurant</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
<b>O. B. Matsiuk</b>	Candidate of Biological Sciences (Responsible secretary) (Ukraine)
<b>V. I. Parpan</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
<b>O. B. Stoliar</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
<b>H. I. Falfushynska</b>	Doctor of Biological Sciences (Ukraine)
<b>V. R. Chelak</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Moldova)
<b>Makaii Shandor</b>	Dr. habil., Professor (Hungary)

Copy editors:	T.P. Melnyk T.I. Beley
Computer editing:	H.M. Holinei

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

*1. Registration with the professional body of the Supreme Attestation Commission of Ukraine:*

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

*2. Registration with European Information Center (France, 2010), ISSN 2078-2357.*

*3. Abstracted and indexed in:*

*Index Copernicus with ICV 2016: 55.00.*

*Directory of Research Journals Indexing.*

*Journal Factor.*

*Open Academic Journals Index.*

*Scientific Indexing Services.*

*Google Scholar.*

*4. 5-yearre-registration: order № 241 of the Ministry of Education  
and Science of Ukraine of March 09, 2016, item 82.*

ББК 28  
H 34

Ukrainian, Russian and Latin plant and animal terms are cited according to the author's version  
Responsibility for the information and views set out in these publications lies entirely with the authors.

## ЗМІСТ

### БОТАНІКА

- М. М. БАРНА, Л. С. БАРНА, Н. В. ГЕРЦ, О. Б. МАЦЮК  
ПОДВІЙНЕ ЗАПЛІДНЕННЯ У ПОКРИТОНАСІННИХ РОСЛИН І ЙОГО  
ВІДКРИТТЯ ПРОФЕСОРОМ УНІВЕРСИТЕТУ СВЯТОГО ВОЛОДИМИРА  
С. Г. НАВАШИНИМ (ДО 120-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ ВІДКРИТТЯ)..... 8
- І. В. БОБРИК, Л. Л. ОНУК, А. О. ШТОГУН  
ЗАХОДИ ЩОДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ВИДІВ РОДИНИ *ORCHIDACEAE* В УРОЧИЩІ  
БАРАБАН НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «КРЕМЕНЕЦЬКІ ГОРИ»... 17
- С. В. ПОЛИВАНИЙ  
АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ЛИСТКОВОГО  
АПАРАТУ РОСЛИН МАКУ ОЛІЙНОГО ЗА ДІЇ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ ..... 20

### БІОТЕХНОЛОГІЯ

- Ю. В. ЖУРЖА, Л. А. КОЛДАР  
РОЗМНОЖЕННЯ *RHAMNUS TINCTORIA* WALDST. ET KIT.  
В УМОВАХ *IN VITRO* ..... 28
- Н. Й. ЯВОРСЬКА, Н. М. ВОРОБЕЦЬ, М. І. СКИБІЦЬКА  
КУЛЬТУРА КОРЕНІВ *GENTIANA CRUCIATA* L. *IN VITRO* ..... 32

### БІОХІМІЯ

- О. О. РАБЧЕНЮК, В. О. ХОМЕНЧУК, А. В. СТАНІСЛАВЧУК, С. Б. ЗГУРСЬКА,  
В. З. КУРАНТ  
ОСОБЛИВОСТІ ВІЛЬНОРАДИКАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ У РИБ ЗА ВПЛИВУ  
ПІДВИЩЕНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ ФЕРУМУ У ВОДІ..... 38

### ЕКОЛОГІЯ

- І. М. ГРОД, Л. О. ШЕВЧИК, Н. Я. КРАВЕЦЬ  
СПРОБА ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПОПУЛЯЦІЙ  
АНТОФІЛЬНИХ КОМАХ МЕТОДОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ..... 47
- Г. Б. ГУЛЯЄВА  
ФОТОХІМІЧНА АКТИВНІСТЬ І ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ  
ПШЕНИЦІ ЯРОЇ ЗА ДІЇ ГУМУСОУТВОРЮЮЧИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ..... 53
- Ю. О. КОВАЛЕНКО, О. С. ПОТРОХОВ, О. Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ  
ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ ГІРЧАКА ЗВИЧАЙНОГО  
НА ХРОНІЧНУ ДІЮ КАЛІЮ ДИХРОМАТУ..... 58
- М. А. КРИЖАНОВСЬКА  
ВПЛИВ РІЗНИХ ДОЗ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ  
НА ОКРЕМІ ПРОДУКЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ГОРОХУ ПОСІВНОГО  
(*PISUM SATIVUM* L.) СОРТУ ЦЕТРІС ..... 67
- Н. М. ЛУГІНЧ, І. В. ГЕРУШ, І. М. ЯРЕМІЙ, Н. В. ДАВИДОВА  
ВПЛИВ 14-ТИ ДОБОВОГО ВВЕДЕННЯ МЕЛАТОНІНУ НА МЕТАБОЛІЗМ  
ГЛУТАТІОНУ В ПЕЧІНЦІ ЩУРІВ ЗА АЛОКСАНОВОГО ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ 71
- О. Г. НЕСТЕРЕНКО, С. В. ЛІТВІНОВ, Н. М. РАШИДОВ  
АНАЛІЗ АКТИВНОСТІ LTR-РЕТРОТРАНСПОЗОНІВ РОСЛИН ГОРОХУ  
ПІД ВПЛИВОМ АБІОТИЧНИХ СТРЕСОВИХ ФАКТОРІВ ..... 75
- С. С. РУДЕНКО, Т. В. МОРОЗОВА, В. В. ГРУБІНКО, С. С. КОСТИШИН  
ЕКСПРЕС-МЕТОД ОЦІНКИ ВІТАЛІТЕТНО-РОЗМІРНОЇ СТРУКТУРИ  
ПОПУЛЯЦІЙ (НА ПРИКЛАДІ *ARABIDOPSIS THALIANA* (L.) HEYNH.) ..... 82
- А. В. РУЦЬКА, І. Я. КРИНИЦЬКА  
СТАН ПРОЦЕСІВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У ЩУРІВ РІЗНОЇ СТАТІ  
І ВІКУ ЗА ДІЇ ТЮТЮНОВОГО ДИМУ НА ТЛІ ЗАСТОСУВАННЯ  
НАТРІЙ ГЛУТАМАТУ ..... 90

## ЗМІСТ

С. В. СЕРГА, С. В. ДЕМИДОВ, І. А. КОЗЕРЕЦЬКА ЕНДОСИМБІОТИЧНІ БАКТЕРІЇ <i>WOLBACHIA</i> ТА КІЛЬКІСТЬ ОВАРІОЛ У САМОК <i>DROSOPHILA MELANOGASTER</i> .....	96
В. В. ЩЕРБИК, Л. П. БУЧАЦЬКИЙ СТАТИСТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИНОНІМІЧНИХ КОДОНІВ У ГЕНОМІ РІЗНИХ ОРГАНІЗМІВ .....	100
<b>МОРФОЛОГІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН</b>	
Є. В. ГУРМАЧ, М. П. РУДИК, В. М. СВЯТЕЦЬКА, О. В. СКАЧКОВА, Л. М. СКІВКА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПРОФІЛЬ ФАГОЦИТІВ ЩУРІВ РІЗНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ЗА РОСТУ ГЛЮМИ С6.....	110
<b>ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ</b>	
С. В. ПИДА, М. М. БАРНА, Л. С. БАРНА ШИМАНСЬКА В. О. — ВІДОМИЙ ВЧЕНИЙ БОТАНІК: СИСТЕМАТИК РОСЛИН, РЕСУРСОЗНАВЕЦЬ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН, ФІТОСОЗОЛОГ І ПЕДАГОГ (до 95-річчя від дня народження).....	119
<b>РЕЦЕНЗІЇ</b>	
М. М. БАРНА, Л. С. БАРНА, Н. М. ДРОБИК С. В. ПИДА ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «ТЕРНОПІЛЬСЬКІ БІОЛОГІЧНІ ЧИТАННЯ — TERNOPIL BIOSCIENCE — 2018», ПРИСВЯЧЕНА 20-РІЧЧЮ ЗАСНУВАННЯ ГОЛИЦЬКОГО БІОСТАЦІОНАРУ УНІВЕРСИТЕТУ .....	128
МОНОГРАФІЯ З ДЕНДРОЛОГІЇ.....	133
<b>ВТРАТИ ОСВІТИ І НАУКИ</b>	
С. В. ПИДА, І. П. ГРИГОРЮК, М. М. БАРНА ПАМ'ЯТІ ЧЛЕНА-КОРЕСПОНДЕНТА НАН УКРАЇНИ ЛЮДМИЛИ ІВАНІВНИ МУСАТЕНКО (24.02.1936 – 26.09.2018).....	140
М. А. КРИЖАНОВСЬКА, Н. В. МОСКАЛЮК, Л. О. ШЕВЧИК ПАМ'ЯТІ ВІДОМОГО ОРНІТОЛОГА, ПЕДАГОГА І НАТУРАЛІСТА – ТАЛПОША ВАСИЛЯ СТЕПАНОВИЧА (до 80-річчя від дня народження).....	144
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ .....</b>	<b>149</b>
<b>АВТОРИ НОМЕРА .....</b>	<b>160</b>

# CONTENTS

## BOTANY

- M. M. BARNA, L. S. BARNA, N. V. HERTS, O. B. MATSIUK  
DOUBLE FERTILIZATION IN ANGIOSPERMS: HISTORICAL OUTLINE AND  
SIGNIFICANCE OF THE DISCOVERY BY S.NAVASHYN, PROFESSOR OF  
ST.VOLODYMYR UNIVERSITY (DEDICATED TO 120TH ANNIVERSARY) ..... 8
- I. BOBRYK, L. ONUK, A. SHTOGUN  
MEASURES FOR CONSERVATION OF SPECIES OF THE FAMILY  
ORCHIDACEAE IN THE NATURAL BOUNDARY BARABAN  
OF THE NATIONAL NATURE PARK "THE KREMENETS MOUNTAINS" ..... 17
- S. V. POLYVANYI  
ANATOMIC AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS  
OF LEAF APARATUS CONSTRUCTION OF OIL POPPY UNDER  
THE ACTION OF GROWTH STIMULANT ..... 20

## BIOTECHNOLOGY

- Y. V. ZHURZHA, L. A. KOLDAR  
REPRODUCTION *RHAMNUS TINCTORIA* WALDST. ET KIT. UNDER THE  
CONDITIONS *IN VITRO* ..... 28
- N. YA. YAVORSKA, N. M. VOROBETS, M. I. SKIBITSKA  
CULTURE OF THE ROOTS OF *GENTIANA CRUCIATA* L. *IN VITRO* ..... 32

## BIOCHEMISTRY

- O. O. RABCHENYUK, V. O. KHOMENCHUK, A. V. STANISLAVCHUK,  
S. B. ZHURSKA, V. Z. KURANT  
FEATURES OF FREE-RADICAL PROCESSES IN FISH FOR INFLUENCE OF  
INCREASED CONCENTRATIONS OF ION IRON IN WATER..... 38

## ECOLOGY

- I. M. GROD, L. O. SHEVCHIK, N. YA. KRAVETS  
THE USE OF COMPUTER MODELING FOR THE PREDICTION  
OF THE DYNAMICS OF INSECT-ANTHOPHILIAN POPULATIONS ..... 47
- H. B. HULIAIEVA  
PHOTOCHEMICAL ACTIVITY AND PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL  
OF SPRING WHEATS UNDER THE INFLUENCE  
OF HUMUS-FORMING MICROORGANISMS..... 53
- YU. O. KOVALENKO, O. S. POTROKHOV, O. G. ZINKOVSKIY  
PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL FEATURES OF THE REACTION  
OF THE BITTER FUNGUS USUAL FAR CHRONIC EXPOSURE  
TO POTASSIUM DICHROMATE..... 58
- M. A. KRYZHANOVSKA  
INFLUENCE OF DIFFERENT DOSES OF IONIZING RADIATION ON INDIVIDUAL  
INDICATORS OF EDIBLE PEA (*PISUM SATIVUM* L.), CETRIS CULTIVAR ..... 67
- N. M. LUHINICH, I. V. GERUSH, I. M. YAREMIY, N. V. DAVYDOVA  
THE INFLUENCE OF 14 DAYS INTRODUCTION OF MELATONIN ON THE  
METABOLISM OF GLUTATION IN THE LIVER OF ALLOXAN DIABETIC RATS ... 71
- O. G. NESTERENKO, S. V. LITVINOV, N. M. RASHYDOV  
ANALYSIS OF THE LTR-RETROTRANSPOSONS MOBILITY IN PLANTS  
AFTER ABIOTIC STRESS FACTORS IMPACT ..... 75
- S. S. RUDENKO, T. V. MOROZOVA, V. V. HRUBIN'KO, S. S. KOSHTISHIN  
EXPRESS METHOD OF ASSESSMENT OF VITALITETAL-DIMENSIONAL  
STRUCTURE OF POPULATIONS (AS EXAMPLE *ARABIDOPSIS*  
*THALIANA* (L.) HEYNH.) ..... 82

## CONTENTS

A. V. RUTSKA, I. Y. KRYNYTSKA ENERGY METABOLISM IN RATS AFFECTED BY TOBACCO SMOKE AND LONG-TERM ADMINISTRATION OF MONOSODIUM GLUTAMATE: SEX AND AGE ASPECTS .....	90
S. V. SERGA, S. V. DEMIDOV, I. A. KOZERETSKA ENDOSYMBIOTIC BACTERIA <i>WOLBACHIA</i> AND OVARIOLE NUMBER IN <i>DROSOPHILA MELANOGASTER</i> FEMALES .....	96
V. V. STCHERBIC, L. P. BUCHATSKY STATISTICAL REGULARITIES OF SYNONYMOUS CODON USAGE IN THE GENOME OF DIFFERENT ORGANISMS .....	100
<b>PLANT MORPHOLOGY AND HUMAN PHYSIOLOGY</b>	
Y. V. HURMACH, M. P. RUDYK, V. M. SVYATETSKA, O. V. SKACHKOVA, L. M. SKIVKA FUNCTIONAL PROFILE OF PHAGOCYTES FROM DIFFERENT LOCATIONS IN RAT WITH C6 GLIOMA .....	110
<b>HISTORY OF SCIENCES. PERSONALIA</b>	
S. V. PYDA, M. M. BARNA, L. S. BARNA V.YE. SHYMANSKA, OUTSTANDING BOTANIST, PLANT TAXONOMIST, MEDICINAL PLANT AND PHYTOSOOLOGY EXPERT (DEDICATED TO 95TH BIRTHDAY).....	119
<b>REVIEWS</b>	
M. M. BARNA, L. S. BARNA. N. M. DROBYK, S. V. PYDA ALL-UKRAINIAN SCIENCE CONFERENCE “TERNOPIL BIOLOGICAL READINGS - TERNOPIL BIOSCIENCE- 2018”, DEDICATED TO THE 20TH ANNIVERSARY SINCE THE ESTABLISHMENT OF HOLYTSKYI PRESERVE OF UNIVERSITY .....	128
THE MONOGRAPH OF DENDROLOGY .....	133
<b>LOSSES IN THE FIELDS OF EDUCATION AND SCIENCE</b>	
S. V. PYDA, I. P. HRYHORIUK, M. M. BARNA IN MEMORY OF LIUDMYLA IVANIVNA MUSATENKO, CORRESPONDING MEMBER OF NAS OF UKRAINE (24.02.1936 – 26.09.2018).....	140
M. A. KRYZHANOVSKA, N. V. MOSKALIUK, L. O. SHEVCHYK TRIBUTE TO A DISTINGUISHED ORNITHOLOGIST, PEDAGOGUE AND NATURALIST –VASYL STEPANOVYCH TALPOSH (HONORING HIS 80TH BIRTHDAY) .....	144
<b>RULES FOR AUTHORS</b> .....	149
<b>AUTHORS FEATURED</b> .....	160

# БОТАНІКА

УДК 582.5/.9: 581.16(091) Навашин

М. М. БАРНА, Л. С. БАРНА, Н. В. ГЕРЦ, О. Б. МАЦЮК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## **ПОДВІЙНЕ ЗАПЛІДНЕННЯ У ПОКРИТОНАСІННИХ РОСЛИН І ЙОГО ВІДКРИТТЯ ПРОФЕСОРОМ УНІВЕРСИТЕТУ СВЯТОГО ВОЛОДИМИРА С. Г. НАВАШИНИМ (ДО 120-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ ВІДКРИТТЯ)**

---

XX століття в ботанічній науці характеризувалося особливим науковим піднесенням серед учених-ембріологів, які зосередили свою увагу над дослідженнями чоловічого і жіночого гаметофітів та процесу запліднення у насінних рослин, але найбільше публікацій з цих проблем було відмічено для великої групи насінних рослин–покритонасінних.

Як відмічає Я. С. Модилевський [1956, с. 94–112], усі ембріологічні дослідження того часу проводилися в основному на живому матеріалі. Якщо процеси розвитку чоловічого чи жіночого гаметофітів можна було проводити на живому матеріалі, застосовуючи аноптральну мікроскопію, то вивчення механізмів запліднення у покритонасінних рослин вимагало більш досконалої методики з попередньою фіксацією дослідного матеріалу.

Зарубіжними та вітчизняними вченими досліджувались різні аспекти процесів розвитку чоловічого та жіночого гаметофітів у покритонасінних рослин, без пізнання особливостей розвитку, формування та у завершеному стані їх будови неможливо було підійти до розкриття суті і специфіки процесу запліднення у покритонасінних рослин.

Перш, ніж підійти до розкриття феноменального процесу–процесу подвійного запліднення у покритонасінних рослин, нам вбачається, що доцільно коротко зупинитись на особливостях формування чоловічого і жіночого гаметофітів покритонасінних рослин.

*Ключові слова:* чоловічий гаметофіт, жіночий гаметофіт, покритонасінні рослини, подвійне запліднення, *X з'їзд російських природодослідників і лікарів, Fritillaria tenella, Lilium martagon*

### **Чоловічий гаметофіт покритонасінних рослин**

Першими роботами, в яких висвітлені питання щодо вивчення чоловічого гаметофіту у покритонасінних рослин, можна віднести роботи: М. І. Железна (1816—1877), який описав розвиток тетрад мікроспор у традесканції; І. М. Горожанкіна (1848—1904), який у 1883 р. спостерігав вихід клітин-спермій через отвір у кінці пилкової трубки. Тобто, він спростував твердження німецьких учених Е. Страсбургера (1844—1912) та інших про те, що запліднення відбувається не дифузним шляхом, а внаслідок злиття клітини-спермія, яка утворюється в пилковій трубці, з ядром яйцеклітини (1880); В. І. Беляєва (1855—1911), який у своїх дослідженнях зумів перекинути міст між чоловічим гаметофітом покритонасінних рослин і нижчих груп по відношенню до покритонасінних рослин.

Велика заслуга у встановленні правильного трактування розвитку пилкового зерна покритонасінних рослин належить В. В. Фінну і його школі, особливо К. Ю Кострюковій, яка упродовж багатьох років вивчала чоловічі статеві клітини у покритонасінних рослин.



Водночас, тут доцільно навести висловлювання С. Г. Навашина в його роботі «Деталі про утворення чоловічих статевих клітин у *Lilium martagon*» [2010]: «Якщо б цього не відбувалося, тобто якщо б цитоплазма генеративної клітини вже не існувала як така ще раніше, ніж дочірні ядра встигли б утворити власну оболонку, то був би неможливим кінцевий розвиток дочірніх ядер, які попадали би, таким чином, прямо у вміст пилкової трубки, де їх хромосоми повинні би міститися приблизно так, як в деякому чужому їм середовищі».

Питання про формування та існування генеративної клітини, а не генеративного ядра в пилковому зерні не ставило би під сумнів вже на початку ХХ ст., що В. В. Фінн у своїй праці «Суперечливі питання розвитку чоловічого гаметофіту покритонасінних» беззаперечно доказав існування етапу розвитку чоловічого гаметофіту у вигляді вегетативної і генеративної клітин.

Особливе місце займають так звані двоядерні генеративні клітини, які спостерігав спочатку С. Г. Навашин, а відтак В. В. Фінн у грецького і чорного горіхів (*Juglans regia* і *J. nigra*), а пізніше М. В. Черноярров у мишохвостника малого (*Myosorus minimus*).

Якщо питання про відособлене існування генеративної клітини в пилковому зерні покритонасінних було в кінцевому результаті вирішено без особливої дискусії, то суперечки про те, чи чоловічі статеві елементи є ядрами чи клітинами, не вирішено до нині.

Я. С. Модилевський у своїй праці «История отечественной эмбриологии высших растений. Киев: Изд-во АН Украинской ССР, 1956. 204 с. С. 35 зазначає: «Ми бачимо, що огляд досліджень розвитку чоловічого гаметофіту у покритонасінних рослин протягом більше сторіччя не дає ще можливості зробити будь-які узагальнюючі висновки у відношенні його морфологічних і функціональних особливостей» [Я. С. Модилевський, 1956. С. 35–46].

Отже, проведений аналіз наукових праць відомих вітчизняних учених (М. І. Железнова, І. М. Горожанкіна, В. І. Беляєва, В. В. Фінна, К. Ю. Кострюкової, М. В. Чернояррова, Х. Ю. Руденка, Я. С. Модилевського та ін.) з питань розвитку та функціонування чоловічого гаметофіта покритонасінних рослин говорить про те, що внаслідок проведених глибоких досліджень були з'ясовані питання формування тетрад, виходу клітин-спермій через отвір у кінці пилкової трубки, формування чоловічих статевих клітин у покрито-насінних рослин та ін. Але особливе місце серед усіх вищенаведених досліджень чоловічого гаметофіта покритонасінних рослин займає дослідження С. Г. Навашина, який у 1810 р. опублікував свою працю «Деталі про утворення чоловічих статевих клітин у *Lilium martagon*», в якій він стверджує, що чоловічі ядра утворюють власну оболонку, тобто чоловічі гамети є клітинами, а відтак проведені дослідження С. Г. Навашина і дослідження В. В. Фінна виявили двоядерні генеративні клітини у грецького і чорного горіхів (*Juglans regia* і *J. nigra*).

Проведені Н. В. Герц ембріологічні дослідження семи видів роду *Acer* L. з родини *Aceraceae* Juss. показали, що на етапі органогенезу чоловічої сережки ЧС7 — етап формування мікроспор мікроспороцити приступають до мейозу, внаслідок чого утворюється тетрада мікроспор, кожна з яких після лізису материнської оболонки розпадається на окремі мікроспори. Після розпаданя тетради на окремі мікроспори кожна із них формує власну оболонку, що складається з кутинізованої екзини та тонкої пектиново-целюльозної інтини. В дрібновакуолізованій цитоплазмі міститься досить велике, округлої форми ядро, яке спочатку розташовується в центрі мікроспори, а відтак зміщується ближче до оболонки. На етапі органогенезу чоловічої сережки ЧС8 — етап формування мікрогаметофіта — відбувається формування двоклітинного пилкового зерна.

Отже, формування чоловічого гаметофіта у досліджених видів роду *Acer* L. відбувається так само, як це характерно для більшості Квіткових рослин [Герц, 2011].

### **Жіночий гаметофіт покритонасінних рослин**

Успішне вивчення жіночого гаметофіту знаходилося у тісному взаємозав'язку з вивченням генеративних органів квітки і було обумовлено визнанням наявності статі й статевого процесу у покритонасінних рослин. Дослідження морфології органів квітки і функції цих органів повинно було служити основою для детальних спостережень за розвитком жіночого гаметофіту, які стали можливими завдяки розробки методів мікроскопічної техніки та

вдосконалення мікроскопа. Вивчення жіночого гаметофіту почалось з детального вивчення зародкового мішка [Я. С. Модилевський, 1956, с. 35–46].

Так, Гартіг у 1842 р. виявив у верхній частині зародкового мішка зародковий міхурець, який він назвав яйцеклітиною і стверджував, що пилкова трубка переносить речовину, яка запліднює яйцеклітину.

Перші дослідження вітчизняних учених, які присвячені жіночому гаметофіту, припадають на 1840 р., коли М. І. Железнов (1816—1877) описав маточку, розвиток насінного зачатка і обидвох покривів у традесканції. До питання про розвиток жіночого гаметофіта у покритонасінних рослин звертається С. М. Розанов (1840–1870), який досліджуючи жіночий гаметофіт шорстколистих, відмічає слабкий розвиток і короткотривалість існування антипод у представників цієї родини.

З удосконаленням мікроскопічної техніки накінець різними авторами було встановлено будову типового зародкового мішка. Водночас у вітчизняній ембріологічній літературі були відсутні роботи про розвиток жіночого гаметофіта покритонасінних рослин. Видатні вітчизняні морфологи рослин І. М. Горожанкін (1848–1904) і В. І. Беляєв (1855–1911) зробили вагомий внесок у вивчення жіночого гаметофіта різноспорових і голонасінних, але вони не торкалися розвитку жіночого гаметофіта покритонасінних рослин.

С. Г. Навашин у своїх ембріологічних дослідженнях з подвійного запліднення і халазогамії лише частково описував зародкові мішки, торкаючись лише окремих деталей в їх будові.

Нагромаджений у світовій літературі великий матеріал про розвиток жіночого гаметофіту, починаючи із закладення археоспорія і закінчуючи будовою зрілого зародкового мішка, до початку ХХ ст. показує надзвичайно одноманітну будову зрілого зародкового мішка у всіх родинях покритонасінних. Його характерними морфологічними рисами, як відомо, є яйцевий апарат, три антиподи і два полярні ядра. Такий зародковий мішок, якщо він виникав із однієї макроспори, дістав назву типового.

На основі спостережень за розвитком аномальних зародкових мішків Я. С. Модилевський у 1910 р розробив схему, що вказувала на можливість існування й інших нових типів зародкових мішків у покритонасінних [Я. С. Модилевський, 1956. С. 35–46]. Як відмічає Я. С. Модилевський [1956, с. 40], варіювання в морфологічній структурі всіх типів зародкових мішків зв'язано з високою пластичністю жіночого гаметофіта.

Отже, проведений аналіз наукових праць відомих зарубіжних і вітчизняних учених (Гартіга, М. І. Железнова, І. М. Горожанкіна, В. І. Беляєва, С. Г. Навашина, Я. С. Модилевського, В. О. Піддубної–Арнольдї, П. Ф. Оксіюка, І. Д. Романова Х. Ю. Руденка та ін ) з питань розвитку та функціонування жіночого гаметофіта покритонасінних рослин говорить про те, що внаслідок проведених глибоких досліджень були з'ясовані питання формування тетрад макроспор, ефемерність антипод, будови різних типів зародкових мішків у покритонасінних рослин.

Досліджуючи органогенез жіночих репродуктивних структур у *Juglans regia* L., О. Б. Мацюк [2013] встановила, що на етапі ЖК9 — етап формування макрогаметофіта або утворення зародкового мішка, халазальна макроспора значно збільшується в розмірах і її ядро приступає до мітотичного поділу, внаслідок якого утворюється двоядерний ценоцит. Мітози, що відбуваються в обох ядрах, розташованих на протилежних полюсах двоядерного ценоцита, приводять до утворення послідовно чотири – і восьмиядерного ценоцитів. Унаслідок внутрішньої диференціації останнього формується моноспоріальний, восьмиядерний, семиклітинний зародковий мішок *Polygonum*-типу.

### Запліднення у покритонасінних рослин

Кінець ХІХ ст. ознаменований історичним відкриттям феноменального процесу запліднення у рослин – подвійного запліднення у покритонасінних рослин, яке випало на долю відомого українського і російського вченого, завідувача кафедри морфології і систематики рослин Університету святого Володимира у Києві Сергія Гавриловича Навашина, який у 1894–

1914 рр. очолював ботанічний сад Університету святого Володимира і водночас завідував кафедрою морфології і систематики університету. Очоливши кафедру морфології і систематики рослин, С. Г. Навашин розгорнув глибокі дослідження з різних аспектів ембріології покритонасінних рослин. За результатами цих досліджень у 1895 р. він вперше описав явище халазогамії у берези та заклав основи вчення про каріологію рослин. Але найвидатнішим науковим досягненням у галузі ембріології рослин С. Г. Навашина вважається відкриття ним у 1898 р. подвійного запліднення у покритонасінних рослин.

Перше своє повідомлення про подвійне запліднення С. Г. Навашин зробив 24 листопада 1898 р. (ст. ст.) в Києві на X з'їзді російських природодослідників і лікарів за назвою «Новые наблюдения над опл одотворением у *Fritillaria tenella* и *Lilium martagon*», в якій вперше в історії світової ботанічної науки повідомив, що у покритонасінних рослин у заплідненні беруть участь обидва спермії, з яких один зливається з ядром яйцеклітини, а другий – з диплоїдним ядром центральної клітини зародкового мішка, або з одним із полярних ядер, які не зливаються до запліднення.

Вперше термін «подвійне запліднення» з'явився у праці С. Г. Навашина «Об оплодотворении у Сложноцветных и Орхидных».

Автор (згідно протоколу засідання), який доповів про своє видатне відкриття, дуже обережно характеризував його, що вносить окремі моменти у питання про запліднення деяких насінних. Але видатний морфолог рослин В. І. Беляєв, який був присутній на з'їзді, відразу заявив, що мова йде про вражаюче спостереження, що міняє переважаючі до цих пір погляди в основних рисах і торкається долі другого чоловічого ядра, яке зливається з полярними ядрами. Це повідомлення було надруковане в «Известиях Петербургской академии наук, X, в листопаді 1898 р. на німецькій мові під назвою «Resultate einer Revision der Befruchtungsvorgänge bei *Lilium martagon* und *Fritillaria tenella*». На початку січня 1899 р. через великий інтерес, що викликала ця робота, вона була прореферована в широкорозповсюджену німецькому журналі «Botanisches Zentralblatt». Отже, не лише наукова громадськість Росії, але й зарубіжні вчені були обізнані про відкриття подвійного запліднення. Відкриття подвійного запліднення С. Г. Навашиним було оцінено як загальний закон для всіх покритонасінних рослин.

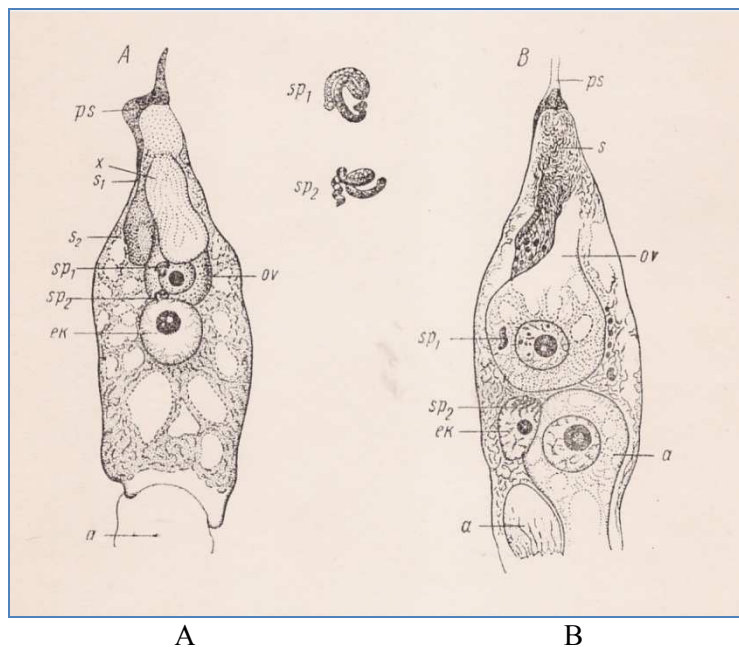


Рис. 1. А – Зародковий мішок *Helianthus annuus*; В – зародковий мішок *Rüdbekia speciosa*: ps. – пилкова трубка; s.1.s.2 – синергіди; ov. – яйцеклітина; sp.1.sp.2 – спермії; ек – вторинне ядро зародкового мішка; а – антиподи. Спермії sp<sub>1</sub> і sp<sub>2</sub> рис. А – зображені окремо збільшеними

**Полеміка навколо відкриття С. Г. Навашиним подвійного запліднення у покритонасінних рослин**

Я. С. Модилевський [1956, с. 97—112], зазначає, що після публікації навколо подвійного запліднення розгорілася полеміка зарубіжних вчених, а з боку французького вченого академіка Гіньяра була зроблена спроба опротестування пріоритету в цьому питанні, хоча його дослідження про подвійне запліднення було опубліковано лише через п'ять місяців, у квітні 1899 р. Цілком зрозуміло, що Гіньяр не міг не знати про публікацію в «Известиях Петербургской академии наук», яка була зроблена на німецькій мові

До того часу було відомо, що в пилковій трубці лілійних є два спермії, з яких один запліднює яйцеклітину. Навашин встановлює, що другий спермій зливається з полярними ядрами, які розташовані в центральній клітині зародкового мішка. Виникає подвійне запліднення. Не лише зародок, але й ендосперм є продуктом статевого процесу. С. Г. Навашин коротко і зрозуміло характеризує ендосперм як своєрідний зародок. Відкриття подвійного запліднення С. Г. Навашиним було кваліфіковано як загальний закон для всіх покритонасінних рослин.

Методи дослідницької роботи С. Г. Навашина були оригінальні, оскільки його цікавило все, що проходить перед його очима; він не лише досліджує препарати, але й пізнає процеси, зображені на них.

Дальше Я. С. Модилевський в цій же праці на стор. 99 продовжує: «...Інтересно у зв'язку з цим зупинитися на тому враженні, яке справило відкриття подвійного запліднення на відомих спеціалістів, які працювали водночас з ним в галузі ембріології квіткових рослин, зокрема Лілійних. Відомий німецький ботанік Е. Страсбургер характеризував це відкриття як сюрприз, який робить честь прозорливості та спостережливості автора. Сам Е. Страсбургер багато років працював над дослідженням ембріології покритонасінних рослин, у тому числі і лілії, проглянув це явище і не зрозумів подвійного запліднення.

Не менш відомий французький вчений Гіньяр після відкриття С. Г. Навашиним подвійного запліднення почав швидко публікувати свої спостереження над подвійним заплідненням у різних представників покритонасінних рослин, сподіваючись таким шляхом підкріпити свої претензії на пріоритет у цьому відкритті.

Англійська дослідниця Саргант, яка спеціально досліджувала лілійні, після відкриття Навашиним подвійного запліднення у приватному листі до нього дала сама собі іронічну оцінку відносно відсутності в неї відповідної спостережливості, оскільки вона не зуміла замітити і зрозуміти це явище на своїх препаратах

Американський вчений Мотье, навіть підмітивши, що інколи другий спермій може бути близько біля одного з полярних ядер, не зумів ні зрозуміти свого спостереження, ані оцінити його принципіального значення. Отже, зарубіжні ембріологи ходили навколо цього явища, але виявились не здатними його зрозуміти.

Сам С. Г. Навашин, виявивши суттєве і принципіальне в подвійному заплідненні, обмежився в подальшому опублікуванні невеликої статті, щоб показати неспроможність тих трактувань цього процесу, які давали зарубіжні ембріологи, мабуть, з метою принизити значення цього відкриття в історії розвитку покритонасінних.

У своїй роботі «Результаты пересмотра процессов оплодотворения у *Lilium martagon* и *Fritillaria tenella*» С. Г. Навашин, коротко підсумовуючи основні положення своїх досліджень, між іншим, говорить: «Накінець, у *Fritillaria* и *Lilium* виявляється гідний подиву факт, що цілком закономірно ендосперм, який розвивається, виникає внаслідок процесу, який починається злиттям одного із чоловічих ядер із сестринським ядром яйцеклітини, тобто з одним із двох жіночих ядер. Цей процес можливо тому і названий з тим же правом, як і запліднення яйця, статевим актом»

Проти цього чіткого і правильного формулювання протистояли і Гіньяр, і Страсбургер. Перший тлумачить запліднення полярних ядер як несправжнє запліднення (по-французьки – pseudofekondation). Другий пропонує для цього ж процесу термін «вегетативне запліднення» (по – німецьки – vegetative Befruchtung) у зв'язку зі специфічністю цього другого запліднення,

що ніби-то не передає по спадковості ознак. Водночас усі ці термінологічні «вдосконалення» наштовхнулися на відсіч, що базується на коротких, але логічно послідовних фактичних спостереженнях

Помилка Гіньяра заключалася в тому, що в цей час не був відомий шлях розвитку зародкового мішка в лілії і рябчика.

Про те, що відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин не втратило свого значення навіть через 50 років, (до нині через 120 років) свідчить висловлювання відомого систематика і філогеніста рослин О. А. Гросгейма в його праці «К вопросу о графическом изображении системы цветковых растений», опублікованій у 1945 р.: «Двойное оплодотворение и все процессы, связанные с развитием женского гаметофита, никоим образом нельзя толковать как признак, происшедший полифилитически. Два или несколько раз от различных предков двойное оплодотворение не могло произойти; весь ансамбль явлений, связанный с двойным оплодотворением, мог появиться только на основе одной какой-либо группы голосемянных растений и только раз в определенное время».

Вище були наведені беззаперечні дані, що відкриття професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним подвійного запліднення у покритонасінних рослин було високо оцінене не лише російськими вченими, а й світовими вченими ембріологами.

Академік І. П. Бородіна, аналізуючи наукові праці С. Г. Навашина, згодом писав: «Халазогамія, подвійне запліднення та супутники хромосом — тріада, що обезсмертила його ім'я». Від себе додамо, що Сергій Гаврилович Навашин відкриттям подвійного запліднення у покритонасінних рослин не лише обезсмертив своє ім'я, а й звеличив українську й світову ботанічну науки.

## Висновки

1. Найвидатнішим досягненням в ботанічній науці другої половини XIX століття було відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин, яке зробив у 1898 році професор Університету святого Володимира Сергій Гаврилович Навашин.
2. Біологічна природа подвійного запліднення полягає в тому, що в процесі запліднення у покритонасінних рослин беруть участь обидва спермії, що утворюються в пилковій трубці: один із них зливається з ядром яйцеклітини, утворюючи зиготу, а другий – з вторинним ядром центральної клітини, або з одним із полярних ядер, які не зливаються до запліднення, утворюючи первинне ядро ендосперму, тобто після запліднення в зародковому мішку утворюються дві структури: зародок і ендосперм, з яких не лише зародок, але й ендосперм є продуктом статевого процесу.
3. Відкриття подвійного запліднення С. Г. Навашиним було оцінено як загальний закон для всіх покритонасінних рослин.
4. За невідомих об'єктивних і суб'єктивних причин ембріологічні дослідження рослин на початку XXI ст. в основних наукових центрах України: Києва, Одеси, Харкова, Полтави та ін. частково призупинилися.
5. Водночас висловлюємо сподівання, що настануть сприятливі часи та умови, коли за певних об'єктивних причин відродяться цитоембріологічні дослідження Квіткових рослин, які нині призупинилися, але поки що ще проводяться в Ялтинському ботанічному саду – НЦ НААН України, в Ужгородському національному університеті та Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка, як це спостерігалось в середині XIX ст., коли в багатьох європейських країнах та й інших країнах світу (США, Індія) успішно проводилися ембріологічні, а відтак цитоембріологічні дослідження та дослідження з репродуктивної біології рослин.
6. Відродження цитоембріологічних досліджень вимагає теорія і практика розвитку української й світової біологічної науки для успішного вирішення теоретичних положень систематики, філогенії та еволюції рослинного світу, а також вирішення практичних завдань щодо подолання бар'єрів несумісності за внутрішньовидових схрещувань і міжвидової гібридизації та прогнозування гетерозису у гібридів і сортів в родах *Populus L.*, *Salix L.* родини *Salicaceae Mirb.*, роду *Acer L.* родини *Aceraceae Juss.*, роду *Juglans L.*,

родини Juglandaceae A. Rich. ex Kunth, роду Quercus L. родини Fagaceae Dumort. та багато інших родів і родин.

7. Застосування в подальшому нових методів дослідження (генетичних, цитологічних, цитохімічних, гістологічних, біохімічних, електронномікроскопічних та ін.) дозволить більш ґрунтовно дослідити окремі моменти (напр., питання про рух спермій в цитоплазмі зародкового мішка, чи чоловічі статеві елементи є ядрами чи клітинами?) складного біологічного процесу – подвійного запліднення, характерного для цілого відділу покритонасінні рослини (за нинішньою термінологією — Квіткові рослини (Magnoliophyta).
8. Висловлені нами сподівання щодо необхідності відродження цитоембріологічних досліджень в Україні — це не бажання лише окремих представників української цитоембріологічної школи, а нагальна потреба щодо подальшого успішного розвитку української ботанічної науки, в якій наприкінці ХІХ століття видатним вченим ботаніком-ембріологом, професором Університету святого Володимира Сергієм Гавриловичем Навашиним було відкрито подвійне запліднення у покритонасінних рослин, що обесмертило ім'я С. Г. Навашина та прославило українську ботанічну науку у світовому науковому співтоваристві.

1. Банникова В. П. Цитоэмбриология межвидовой несовместимости у растений. Киев: Наук. думка, 1975. 284 с.
2. Банникова В. П. Межвидовая несовместимость у растений. Киев: Наук. думка, 1986. 232 с.
3. Банникова В. П., Хведьнич О. А. Основы эмбриологии растений. Киев: Наук. думка, 1982. 164 с.
4. Банникова В. П., Плющ Т. А. Ультраструктура яйцевого аппарата зародышевого мешка покрытосеменных растений *Український ботанічний журнал*. Київ. 1982. Т. 39, № 6. С. 81–87.
5. Банникова В. П., Плющ Т. А. Слияние ядер гамет и полярных ядер у цветковых растений. *Цитология и генетика*. Київ, 1990. Т. 24, № 1. С. 62–64.
6. Барна М. М. Ботаніка, Терміни, Поняття. Персоналії. навч. посіб. 4-те вид., доп. і змін. Тернопіль: ТзОВ «Терно-граф», 2015. 360 с.: іл.
7. Барна М. М., Барна Л. С. Видатні вчені-ботаніки: навч. посіб. Тернопіль: ТзОВ «Терно-граф», 2013. 192 с.: іл.
8. Барна М. М. Гаметогенез, запліднення та ембріогенез у деяких видів роду *Salix* L. *Матеріали наук. читань, присвяч. 100-річчю відкриття подвійного заплід. у покритонас. рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним*. К.: Фітосоціоцентр, 1998. С. 8–12.
9. Барна М. М. Морфологічні, цитологічні та гістологічні особливості етапів ембріогенезу видів родини *Salicaceae* Mirb. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія. Біологія*. Тернопіль, 2001. № 1 (12). С. 9–15.
10. Барна Н. Н. Сравнительная эмбриология видов *Salicaceae* в связи с их филогенией и эволюцией. *Труды XII Международного ботанического конгресса*. Ленинград: Наука, 1975. Т. 1. С. 243.
11. Барна Н. Н. Цитоэмбриологическое исследование некоторых видов рода *Populus* L. в связи с гибридизацией : автореф. дис. ...канд. биол. наук : 094. Киев, 1969. 24 с.
12. Бланковская Т. Ф. Морфофункциональные аспекты развития генеративных структур хлебных злаков : автореф. дис. ...д-ра биол. наук :03.00.05. Санкт-Петербург, 1992. 31 с.
13. Герасимова-Навашина Е. Н. Оплодотворение как онтогенетический процесс. *Ботанический журнал*. Ленинград, 1957. Т. 42, № 11. С. 1954–1957.
14. Герц Н. В. Біологія цвітіння та ембріологія видів роду *Acer* L. у зв'язку зі зміною статі : автореф. дис. ...канд. біол. наук. Київ, 2011. 20 с.
15. Колесник О. Б. Ембріологія видів триби *Sanguisorbeae* (*Rosaceae*) : автореф. дис. канд. біол. наук. : 03.00.01. Ужгород, 1996. 19 с.
16. Кордюм Е. Л. Значение эмбриологии для решения вопросов систематики и филогении покрытосеменных растений. *Проблемы эмбриологии*. Киев: Наук. думка, 1971. С. 196–216.
17. Кордюм Е. Л. Эволюционная цитоэмбриология покрытосеменных растений. Н. В. Киев: Наук. думка, 1978. 220 с.
18. Коробова С. Н. Движение спермиев покрытосемянных растений в пыльцевой трубке и в зародышевом мешке. *Актуальные вопросы эмбриологии покрытосеменных растений*. Л.: Наука, 1979. С. 5–19.
19. Кравец Е. А. Развитие зародышевого мешка и процесс оплодотворения у представителей рода (*Tourn.*) L. : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Киев, 1987. 16 с.
- 14 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2018, № 3-4 (74)

20. Крч Х. Л. Ембріологія видів триби *Potentillae* (*Rosaceae*) : автореф. дис. ...канд. біол. наук : 03.00.05. Київ, 2004. 18 с.
21. Мандрик В. Ю. Особенности семенной репродукции видов сем. *Rosaceae* в природных популяциях (на примере флоры Карпат) : автореф. дис. ...д-ра биол. наук : 03.00.05. Ленинград, 1990. 48 с.
22. Мандрик В. Ю., Петрус Ю. Ю. Семейство *Rosaceae*. *Сравнительная эмбриология цветковых*. Ленинград: Наука, 1985. С. 55–64.
23. Мацюк О. Б. Морфогенез генеративних органів і біологія цвітіння горіха грецького (*Juglans regia* L.) в умовах Західного Поділля : автореф. дис. ...канд. біол. наук : 03.00.05. Київ, 2013. 20 с.
24. Модилевский Я. С. История отечественной эмбриологии высших растений. Киев: Изд-во АН Украинской ССР, 1956. 204 с.
25. Петрус Ю. Ю. у *Rubus* L. и *Fragaria* в популяциях Украинских Карпат. Киев, 1982. С. 241–243.
26. Плющ Т. А. Ультраструктура зародышевого мешка покрытосеменных. Киев: Наук. думка, 1992. 148 с.
27. Поддубная–Арнольди В. А. Значение эмбриологических исследований высших растений для систематики. *Успехи современной биологии*. Москва, 1951. Т. 32, № 3. С. 352–392.
28. Поддубная–Арнольди В. А. Значение эмбриологических исследований для построения филогенетической системы покрытосеменных растений. *Проблемы ботаники*. Москва, 1958. № 3. С. 196–247.
29. Поддубная–Арнольди В. А. Общая эмбриология покрытосеменных растений. М.: Наука, 1964. 482 с.
30. Поддубная–Арнольди В. А. Характеристика семейств покрытосеменных растений по цитозембриологическим признакам. М.: Наука, 1982. 352 с.
31. Попович Г. Б. Ембріологічні особливості насінної репродукції деяких видів *Spiraeoideae*, *Rosoideae* (*Rosaceae*) із флори Українських Карпат : автореф. дис. канд. біол. наук : 03.00.05. Київ, 2010. 20 с.
32. Симоненко В. К. Цитология развития пыльника в норме и при различных типах мужской стерильности, используемой в селекции : автореф. дис. ...д-ра биол. наук : 03.00.05. Ялта. 44 с.
33. Смирнов А. Г. Женский гаметофит покрытосеменных и его эволюция. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1982. 120 с.
34. Способ Барны Н. Н. прогнозирования гетерозиса у гибридов тополей и ив: А. с. 1457866 СССР, МКИ А 01 Н 1/04 / Н. Н.Барна (СССР). – № 4104950/30–13; Заявлено 02.06.86; Опубл. 15.02.89, Бюл. № 6. – 6 с.
35. Способ Барны Н. Н. подбора родительских пар для получения гетерозисных гибридов ивовых: А. с. 1655388 СССР, МКИ А 01 Н 1/04. / Н. Н.Барна (СССР). – № 4664259/13; Заявлено 26.01.89; Опубл. 15.06.91, Бюл. № 22. – 4 с.
36. Худяк М. И. Эндосперм покрытосемянных растений (особенности развития и роль в плодобразовании). Киев: Изд-во АН УССР, 1963. 184 с.
37. Чубірко М. М. Пам'яті та вдячності гідний (до 110 річниці від дня народження Х. Ю. Руденка). М. М. Чубірко. *Український ботанічний журнал*. Київ 2011. Т. 68, № 6. С. 910-914.
38. Barna N. N. Some morphological aspects of reproductive biology of species of *Salicaceae* Mirb. Family. Proceedings of International Symposium «Forest Genetics, Breeding and Physiology of woody plants». М., 1989. P. 156–157.
39. Barna N. N. Peculiarities of development of ovules and female archesporium in *Salicaceae* Mirb. Family species. Abstracts of the papers and posters, presented at the XII International Symposium «Embryology and seed reproduction». L.: Nauka, 1990. P. 16–17.
40. Mahechvari P., Roy S. K. The embryo sac of *Salix*, *Phytomorphology*, 1951. Vol. 1, № 12. P. 70–72.
41. Rodkiewicz B. Embriologia roślin Kwiatowych. Warszawa: Państw. Wyd-wo Nauk., 1973. 284 S.

---

\*Примітка. Бібліографічний опис у списку використаних джерел оформлений з урахуванням Національного стандарту України ДСТУ 8 3.02.2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання».

*M. M. Barna, L. S. Barna, N. V. Herts, O. B. Matsiuk*  
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

DOUBLE FERTILIZATION IN ANGIOSPERMS: HISTORICAL OUTLINE AND SIGNIFICANCE OF THE DISCOVERY BY S. NAVASHYN, PROFESSOR OF ST. VOLODYMYR UNIVERSITY (DEDICATED TO 120TH ANNIVERSARY)

The most outstanding achievement in the botanical science of the 2nd half of the 19th century was the discovery of double fertilization in the flowering plants (Angiosperms), made in 1898 by the professor of St. Volodymyr University, Serhii Havrylovych Navashyn. First the report entitled “Recent Observations about Fertilization in *Fritillaria Tenella* and *Lilium Martagon*” was presented on November 24th, 1898 at the 10th Congress of Russian Natural Scientists and Physicians, held in Kyiv. The biological nature of double fertilization involves two sperms, which form in the pollen tube. One of them merges with the ovicell; the other, with the nucleus of the embryo sac, so that both the embryo and the endosperm develop as a result of the sexual process.

The discovery of double fertilization by S. Navashyn got further acclaim and became known as a universal law observed in all the flowering plants (angiosperms). However, for some unknown reasons the research studies into the plant embryology in major Ukrainian institutions (located in Kyiv, Odessa, Kharkiv, Poltava, etc.) were suspended. Hopefully, the time will come to resume the research on the plant embryology of flowering plants conducted in Botanical Gardens in Yalta, Uzhhorod National University and Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.

Cytoembryologic research should be facilitated and promoted since it is essential for the world science to develop the theory of systematics, phylogeny and plants evolution, and solve issues of incompatibility in the processes of top crossing and interbreeding, as well as forecasting of heterosis in hybrids and cultivars in species of *Populus L.*, *Salix L.* genera of Salicaceae Mirb. family, of genus *Acer L.* of Aceraceae Juss. family, genus *Juglans L.* of Juglandaceae A. Rich. ex Kunth family, genus *Quercus L.* of Fagaceae Dumort family and many other genera and families.

The application of innovative research methods (genetic, cytological, cytochemical, histological, biochemical, electromicroscopic, etc.) will enable a more thorough study of specific mechanisms and phenomena (e.g., to examine sperms in the cytoplasm of embryo sac to refer to male elements as nucleuses or cells) of a complex biological process – double fertilization, typical of a division of the Angiosperms (in accord with current terminology Flowering plants (Magnoliophyta). Hopefully, the concerns raised in this extract will encourage cytoembryologic research in Ukraine as it is an essential prerequisite for successful development of Ukrainian and world of Botanical Science.

*Key words: S. Navashyn, double fertilization, chalazogamy, Angiosperms, 10th Congress of Russian Natural Scientists and Physicians, Fritillaria tenella, Lilium martagon*

Рекомендує до друку

Надійшла 15.11.2018

В. З. Курант



УДК 502:58.006

<sup>2</sup>І. В. БОБРИК, <sup>1</sup>Л. Л. ОНУК, <sup>2</sup>А. О. ШТОГУН<sup>1</sup>Кременецький ботанічний сад

пров. Ботанічний, 5, Кременець, Тернопільська область, 47003

<sup>2</sup>Національний природний парк «Кременецькі гори»

вул. Осовиця, 12, Кременець, Тернопільська область, 47003

## **ЗАХОДИ ЩОДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ВИДІВ РОДИНИ *ORCHIDACEAE* В УРОЧИЩІ БАРАБАН НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «КРЕМЕНЕЦЬКІ ГОРИ»**

Охарактеризовано закономірності поширення рослин із родини Зозулинцевих на території національного парку «Кременецькі гори». Описано вплив природних умов, виявлено чинники, що сприяють зменшенню кількості популяцій видів цієї родини. Розроблено рекомендації щодо активної охорони та заходи збереження окремих видів.

*Ключові слова:* національний природний парк «Кременецькі гори», Орхідні, популяції, пробна площа, репатріація

**Вступ.** Починаючи з другої половини ХХ століття, охорона та збереження генофонду рідкісних і зникаючих видів рослин, стала однією із головних проблем сучасності. За останні п'ятдесят років і особливо на сьогоднішній день велику тривогу викликає стрімке перетворення рослинного світу внаслідок антропогенного навантаження, зокрема навколо населених пунктів, що призводить до зникнення корінних екосистем і заміни їх новими, неврівноваженими переважно рудерально-сегетального типу. У зв'язку з цим, значна кількість цінних та цікавих і насамперед раритетних видів рослин зі складною біологією розвитку, які консортивним шляхом пов'язані з іншими компонентами екосистем, безповоротно зникають [3].

Число видів, що знаходяться під загрозою зникнення в світовому масштабі достатньо велике. Зникнення цих видів може мати катастрофічні наслідки для біосфери. Тому важливою запорукою в справі охорони раритетних видів є їх виявлення і запровадження системних механізмів збереження.

Перші згадки про рослинність на території сучасного Парку, зокрема родину Зозуленцевих, подано в ряді публікацій польських ботаніків 20-30-хх років ХХ століття, а пізніше в роботах Б.В. Заверухи. На початку 2000-х С. Дейнеко та С. Бойко наводять більш детальніший опис природних місцезростань представників орхідних для Кременецького горбогір'я, зокрема для урочищ гір Черча та Дівочі скелі, а також околиць м. Кременець.

Однак, незважаючи на значну кількість праць, присвячених вивченню флори Кременецьких гір, досить мало робіт, що відображають сучасний стан флористичного біорізноманіття Орхідних видів на території Парку.

Родина *Orchidaceae* є однією з найчисленніших серед квіткових рослин та налічує близько 25 тисяч видів, об'єднаних у п'ять підродин. Надзвичайно складний і тривалий життєвий цикл орхідей, включаючи їхню взаємодію з грибами-мікоризоутворювачами і високоспеціалізованими запилювачами, робить їх дуже вразливими до змін клімату і наслідків діяльності людини, що і викликає великий науковий інтерес [1].

Під загрозою зникнення опиняються як окремі види, так і цілі роди, тому всі Орхідні України занесені до Червоної книги України та Додатку II Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни та флори, що знаходяться під загрозою зникнення.

Недостатня увага до Орхідних в останні десятиліття призвела до того, що оселища багатьох видів знищені, а репрезентативних територій для створення природоохоронних об'єктів стає все менше. У зв'язку з цим, актуальним стає вияснення сучасного стану популяцій видів, їх поширення та опрацювання методів охорони.

### Матеріал і методи досліджень

В основу роботи покладено матеріали польових досліджень, проведених протягом 2012-2018 рр. на території національного природного парку «Кременецькі гори». Нами було виявлено нові місцезнаходження орхідей, кв. 19, вид. 1 урочище Барабан Білокриницького ПНДВ (9,1 га).

За період дослідження (2016-2018 р.) здійснено ряд польових виїздів, під час яких закладено три пробні площі з метою дослідження видового складу судинних рослин, здійснено геоботанічні описи, виконаних за методикою Браун-Бланке. Урочище Барабан являється найцікавішою ділянкою території Парку, де виявлено найбільшу видову кількість орхідей. Використано загальноприйняті методи флористичних і фітоценологічних досліджень. Види рослин наведено за визначником вищих рослин України (Определитель..., 1987).

На цій підставі розроблено рекомендації щодо активної охорони та заходи збереження окремих видів. Збір матеріалу здійснювався за детально-маршрутним методом.

**Мета роботи:** встановити поширення рослин із родини Зозулинцевих по території національного природного парку «Кременецькі гори», виявити чинники, що сприяють зменшенню кількості популяцій видів цієї родини. Запропонувати заходи щодо покращення ситуації для збереження цієї флори для нащадків.

Для досягнення мети було поставлено такі **завдання:** дослідити урочище Барабан національного природного парку «Кременецькі гори» на предмет наявності рослин із родини Зозулинцевих, ідентифікувати види вказаної родини, провести їх екологічну оцінку, запропонувати шляхи, методи, заходи по їх збереженню.

### Результати досліджень та їх обговорення

На території Парку зареєстровано 22 види орхідних [4], які перебувають під протекцією Червоної книги України, що становить 45% від загальної кількості охоронюваних видів. Тому вивчення різноманітності цих видів та їх чисельності є особливо актуальним.

В урочищі Барабан виявлено дев'ять видів орхідей, що становлять значний інтерес для Парку та науковців. На цій підставі розроблено рекомендації щодо активної охорони та заходи збереження наступних видів.

***Platanthera chlorantha* (Cust.) Rehb.** – євро-малазійський вид [6]. На даній території зростає поодинокі або невеликими групами в хвойному лісі, на вапнякових ґрунтах. Аналіз вікової структури ценопопуляції любки показав, що на пробній площі наявні не всі вікові групи. Переважають особини генеративного або віргінільного стану. Незначну чисельність ювенільних особин можна пояснити тим, що вони ведуть протягом перших чотирьох років підземний спосіб життя [2]. Стан популяції задовільний: вони малочисельні, щільність низька 9 особин на 625 м<sup>2</sup>.

Причинами зміни чисельності являються руйнування біотопів, внаслідок господарської діяльності, рубки лісів.

***Platanthera bifolia* (L.) Rich.** – європейсько-середземноморський неморальний вид, що має складну біологію розвитку [6]. Популяції нараховують по 15-20 рослин з повночленним віковим спектром.

На території зростання закладено пробну площу, вивчається вікова та просторова структура популяції. На пробній площі популяції перебувають у доброму стані, обліковано 54 особини на 150 м<sup>2</sup>.

Причинами зміни чисельності являються вирубування лісів, меліоративні заходи, рекреаційні навантаження, зривання квітів, заготівля бульб.

***Epipactis helleborine* (L.) Crantz** – вид з диз'юнктивним ареалом, відзначається адаптацією до різноманітних еколого-фітоценотичних умов і значною мінливістю морфологічних ознак [6]. За віталітетом популяції коручки депресивні. Стан популяції відмінний. Працівниками Парку закладено пробну площу (100 м<sup>2</sup>), нараховано 116 генеративних особин.

Нами виявлено, що коручка може витримувати слабкі антропогенні навантаження (випас худоби, сінокосіння, рекреацію) без суттєвих змін структури, а інколи структура поліпшується,

про що свідчать літературні дані [5]. Провідним фактором, який впливає на стан популяцій роду *Epipactis*, є освітленість. За оптимальних умов стан популяції залишається задовільним навіть при слабкій дії антропогенного фактора, а погіршення освітленості ставить під загрозу саме існування популяцій.

Заходи для поліпшення збереження *E. helleborine* є відтінення місць зростання (не допускати надмірного загущення лісового покриву); рихлення підстилки в місцях поширення виду.

***Goodyera repens* (L.) R.Br.** – реліктовий вид, пов'язаний з лісовими формаціями темнохвойної тайги [6]. Одна з небагатьох зимовозелених орхідей помірного поясу. Популяції невеликі за розмірами, нечисельні – від кількох десятків особин. Щільність таких популяцій 20-30 особин на 1 м<sup>2</sup>. На пробній площі (49 м<sup>2</sup>), обліковано 17 генеративних особин. Поновлення добре.

Причиною зміни чисельності є вирубування хвойних лісів.

***Listera ovata* (L.) R.Br.** – рослина зі складною біологією розвитку. Популяції нараховують від декількох особин. За віковою структурою – нормальні повночленні і неповночленні [6]. На території урочища виявлено 4 особини.

Руйнування місць зростання через меліоративні і лісовпорядкувальні роботи, випас, витоштування – являються основними причинами зменшення популяції.

***Neottianthe cucullata* (L.) Schlechter** – євразійський вид на південній межі ареалу, зі складним циклом розвитку [6].

Чисельність та структура популяцій – низька, скорочується, детально не досліджена. Зростає невеликими групами. На пробній площі налічується 24 особини, спостерігається досить добре насіннєве поновлення.

Основними причинами зміни чисельності популяції являється вузька еколого-ценотична амплітуда виду та облігатні симбіотичні зв'язки з мікоризними грибами-симбіонтами та комахами запилювачами, вирубування лісів, зміни місць існування, зривання на букети.

***Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce** – рідкісний вид на східній межі ареалу [6]. Популяції нараховують кілька десятків, щільність низька. За віковою структурою переважають нормальні неповночленні популяції з правостороннім віковим спектром, з максимумом генеративних особин; за віталітетом – депресивні. Популяції налічують від 5 до 10 генеративних особин.

Основними факторами, що впливають на зміну чисельності є зміна і руйнування біотопів, вирубки лісів, рекреація, зривання квітів.

***Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch.** – рідкісна рослина зі складною біологією розвитку [6]. Популяції численні від кількох до кількох сотень особин, але щільність низька. За віковою структурою переважають нормальні повночленні, з правостороннім віковим спектром, частка молодих особин становить третину. На пробній площі (625 м<sup>2</sup>) обліковано 400 особин. Лише на вирубках і в лісах, де випасають худобу, вони у пригніченому стані.

Освоєння території, вирубка лісів, зривання на букети, являється основними чинниками, що призводять до зміни чисельності популяцій.

***Neottia nidus-avis* (L.) Rich.** – євросибірський вид на південно-східній межі суцільного ареалу [6]. Трапляється поодинокі або невеликими групами. На пробній площі налічується 21 особина. Чисельність популяції нестабільна, після малосніжних, морозних зим, гніздівка зникає, але в наступні роки відновлюється.

Спеціальних заходів збереження не потребує.

Для збереження популяцій перерахованих рідкісних видів, проводяться активні заходи, які полягають у зменшенні антропогенного впливу, відновленні оселищ рідкісних видів, та збільшенні заповідної зони. Працівниками парку та студентами було частково розчищено територію урочища від золотарника, чим забезпечили повноцінне функціонування всіх вище перерахованих видів родини *Orchidaceae*.

Планується періодичне регулювання ступеня освітленості; відтворення локалітетів на ділянках, шляхом репатріації.

**Висновки**

В результаті проведення аналізу щодо збереження орхідей, в урочищі Барабан національного природного парку «Кременецькі гори», встановлено, що для переважної більшості з них головною загрозою є антропогенні чинники, що викликають різні зміни у структурі біотопів, суцільні рубки лісу і, особливо, заміна природних деревостанів лісокультурами хвойних порід, викопування рослин з метою їх пересадки, без дотримання відповідних вимог, збирання декоративних квітів на букети, заростання ділянок інвазійними видами, зокрема, *Solidago canadensis*. Рекомендації по збереженню видів родини Орхідних: необхідно здійснювати постійний моніторинг стану популяцій (чисельність, вікова структура) для своєчасного вжиття активних заходів охорони; у місцях виявлення рослин із родини Зозулинцевих створювати заказники місцевого значення; проводити природоохоронну роз'яснювальну роботу з місцевим населенням.

1. Буюн Л. І. Сучасні погляди на екологічну спеціалізацію родини Orchidaceae Juss. / Л. І. Буюн // Біологічні Студії. — Л. : 2011. — Том 5 / №1. — С. 173—188.
2. Загульський М.М. Хорология, структура популяцій та охорона орхідних (Orchidaceae Juss.) західних регіонів України: Автореф. дис. канд. біол. наук. — Львів, 1994. — 36 с.
3. Заповідна дендросоцозофлора Лісостепу України / НУБіП України; під ред. С.Ю. Поповича. — К.: ТОВ Аграр Медіа Груп, 2010. — 262 с.
4. Національний природний парк «Кременецькі гори»: сучасний стан та перспективи збереження, відтворення, використання природничих комплексів та історико-культурних традицій [текст]: моногр. / [М.О. Штогрин, О.М. Байрак, Л.П. Царик, В.А. Онищенко та ін.]. — [за ред. М.О. Штогрин, О.М. Байрак]. — К. : ТВО «ВТО Типографія від А до Я», 2017. — 292 с.
5. Титаренко І.В. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны. — М.: Агрус, 1996. — 207 с.
6. Червона книга України. Рослинний світ / Ю.Р. Шеляг-Сосонко та ін. — К.: Укр. енциклопедія. — 1996. — 624 с.

*I. Bobryk, L. Onuk, A. Shtogun*

Kremenets Botanical Garden, Ukraine

National Natural Park "Kremenets Mountains", Ukraine

#### MEASURES FOR CONSERVATION OF SPECIES OF THE FAMILY ORCHIDACEAE IN THE NATURAL BOUNDARY BARABAN OF THE NATIONAL NATURE PARK "THE KREMENETS MOUNTAINS"

The work is based on materials from field studies conducted during 2012-2018. On the territory of the national nature park "Kremenets Mountains". In the in the natural boundary Baraban, nine species of orchids are found, coteries are of considerable interest to the Park and scientists.

Characteristics of the distribution of plants from the *Orchidaceae* family in the territory of the national park "Kremenets Mountains" are characterized. The influence of natural conditions is described, factors that contribute to a decrease in the number of populations of species of the genus are identified. Recommendations for active protection and conservation measures for individual species have been developed.

It has been established that for the overwhelming majority of them the main threat is the anthropogenic factors causing various changes in the structure of biotopes, solid felling of the forest and, especially, the replacement of natural stands of softwood coniferous species, the excavation of plants for their transplantation, without complying with relevant requirements, the collection of ornamental flowers on bouquets, overgrowing of sites by invasive species.

*Key words: national nature park "Kremenets mountains", Orchids, populations, trial area, repatriation*

Рекомендує до друку

М. М. Барна

Надійшла 27.09.2018

УДК 582.675.5: 661.162.65/66

С. В. ПОЛИВАНИЙ

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

## АНАТОМО-МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ РОСЛИН МАКУ ОЛІЙНОГО ЗА ДІЇ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ

В умовах польового дослідження вивчали вплив емістиму С та трептолеми на морфологічні особливості та анатомічні показники листків рослин маку олійного. Встановлено, що обробка рослин маку стимуляторами росту призводила до посилення галузнення стебла, збільшення кількості, площі та маси листків. Обробка трептолемом та емістимом С призводила до потовщення основної асиміляційної тканини листка хлоренхіми внаслідок розростання її клітин, а також сприяла збільшенню числа продихів і загальної їх площі на одиницю поверхні листка. Формування потужнішого листкового апарату забезпечувало підвищення продуктивності рослин маку олійного. Застосування препарату призводить до позитивних змін у структурі урожаю – збільшення числа плодів на рослині, кількості насіння у коробочках, маси самого насіння.

*Ключові слова:* мак олійний (*Papaver somniferum*), регулятори росту рослин, емістим С, трептолем, мезоструктура листків, морфогенез

Вивчення закономірностей функціонування донорно-акцепторної системи рослин з метою розробки засобів перерозподілу потоків асимілятів до господарсько-важливих органів є актуальним завданням сучасної фізіології рослин. Основним донором асимілятів виступають, насамперед, листки. Донорна функція листків значною мірою визначається особливостями їх морфології, анатомічної будови і співвідношенням розмірів окремих тканин.

Застосування стимуляторів росту на багатьох сільськогосподарських культурах в період утворення та інтенсивного росту листків призводить до збільшення як їх кількості, так і їхньої площі. В літературі зустрічаються суперечливі дані екзогенних стимуляторів росту на морфогенез сільськогосподарських культур, а дія сучасних препаратів трептолеми та емістиму С на анатомічну будову рослин маку олійного не вивчалася.

В зв'язку з цим, метою нашої роботи було дослідити морфологічні особливості будови листкового апарату та диференціації тканин листка рослин маку олійного за дії сучасних перспективних препаратів стимулюючої дії – трептолеми, емістиму С.

### Матеріал і методи досліджень

Мікропольові дослідження проводили на рослинах маку олійного сорту Беркут у Красилівському районі с. Кузьмин Хмельницької області в 2011 році та Жмеринському районі с. Токарівка Вінницької області в 2014 році. Площі ділянок по 10 м<sup>2</sup>, повторність п'ятикратна.

Рослини обробляли розчинами трептолеми концентрацією 0,035 мл/л та емістиму С 0,1%-ю одноразово 16.06.11 та 17.06.14 у фазу бутонізації за допомогою ранцевого обприскувача ОП-2. Контрольні рослини обприскували водопровідною водою.

Морфометричні показники визначали кожні 10 днів, починаючи з дня обробки. Площу листків визначали ваговим методом [5]. Мезоструктурну організацію листка дослідних рослин вивчали на фіксованому матеріалі. Для його консервації застосовували суміш рівних частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1%-го формаліну. Визначення розмірів клітин і окремих тканин здійснювали за допомогою окулярного мікрометра МОВ-1-15х. Для цього використовували часткову мацерацію тканин листка. Як мацераційний агент було обрано 5%-й розчин оцтової кислоти в 2 моль/л соляної кислоти [9, 10].

Визначення вмісту хлорофілів проводили у свіжому матеріалі на спектрофотометрі СФ-18 [13].

Результати досліджень обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми "STATISTICA – 6". В таблицях та рисунках подані середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки [3].

**Результати досліджень та їх обговорення**

Відомо, що продукційний процес рослин значною мірою визначається особливостями формування і розвитку листкового апарату. В зв'язку з цим, на нашу думку, важливим було встановити особливості формування листкової поверхні рослин маку олійного за дії препаратів.

Отримані результати свідчать, що відмічалась суттєва різниця у кількості листків, їх площі між рослинами дослідних варіантів і контролем (рис. 1).

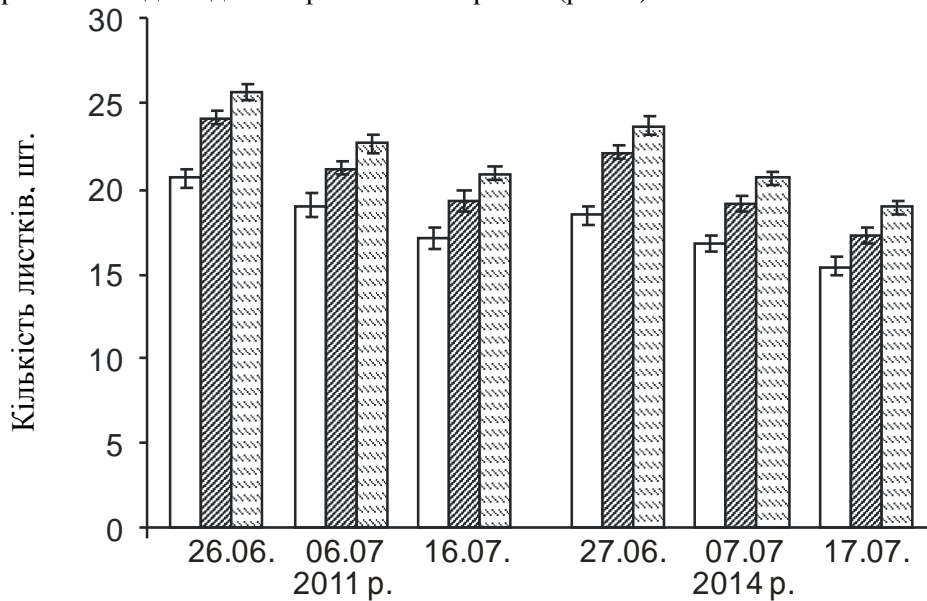


Рис. 1. Вплив емістиму С та трептолему на кількість листків на рослині маку олійного. Дати обробки: 2011 рік – 16 червня, 2014 рік – 17 червня.

□ - контроль, ▨ – емістим С 0,1%-й, ▩ – трептолем (0,035 мл/л)

Протягом всього періоду вегетації під впливом обох застосованих препаратів кількість листків була більшою, ніж в контролі [15]. Максимальна кількість листків формувалася за дії розчину трептолему.

На нашу думку, це може бути пов'язане з посиленням галуження стебла, під впливом стимулятора росту – в обох варіантах досліді зростала кількість пагонів 2-го порядку (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив регуляторів росту на галуження стебла маку олійного

Варіант досліді	2011 р.	2014 р.
	Кількість пагонів	
Контроль	4,00±0,12	2,03±0,09
Емістим С 0,1%-й	*4,50±0,15	*2,47±0,09
Трептолем 0,035мл/л	*1,86±0,086	*4,52±0,13

Примітка: \* - різниця достовірна при P≤0,05

Відомо, що в процесі онтогенезу відбувається швидке відмирання нижніх листків маку, що може впливати на продуктивність рослин.

Отримані результати свідчать, що використання емістиму С та трептолему подовжувало термін життя листків. Так, на кінець вегетації кількість живих листків в дослідних варіантах була більшою ніж в контролі (рис. 1).

Згідно літературних джерел, регулятори росту суттєво впливають на площу листової поверхні рослин [7]. У переважній більшості випадків обробка стимуляторами росту сприяла зростанню площі листової поверхні. Зокрема, емістим С збільшував площу листків сої [2], гороху [14], салату [6]. Аналогічно трептолем призводив до підвищення площі листків соняшнику [4] і коріандру [8].

Результати наших досліджень свідчать, що застосування регуляторів росту зумовлювало зміни у формуванні листової поверхні рослин маку олійного (рис. 2).

Так, за дії стимуляторів росту емістиму С та трептолему при збільшенні кількості листків на рослині зростала сумарна площа листової поверхні (рис. 2). Найбільш суттєво це відбувається на фоні більш вологих умов вегетації 2014 року та менш ефективною за посушливих умов вегетації у 2011 році [15, 16].

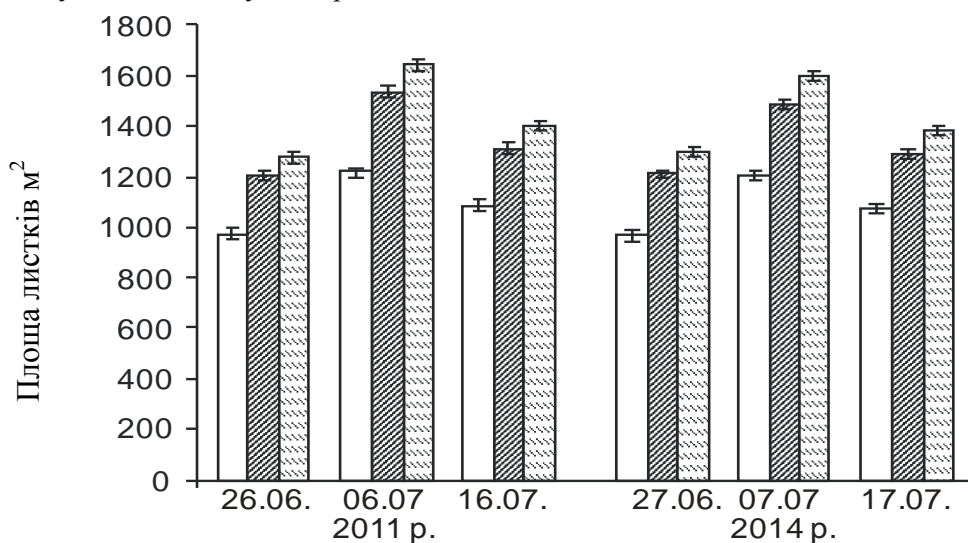


Рис. 2. Вплив емістиму С та трептолему на площу листків маку олійного.

Дати обробки: 2011 рік – 16 червня, 2014 рік – 17 червня.

□ - контроль, ▨ – емістим С 0,1%-й, ▩ – трептолем (0,035 мл/л)

Очевидно, саме завдяки посиленому галуженню, збільшенню кількості та сумарної площі листків у рослин дослідних варіантів відбувається збільшення маси сухої речовини листків (рис. 3).

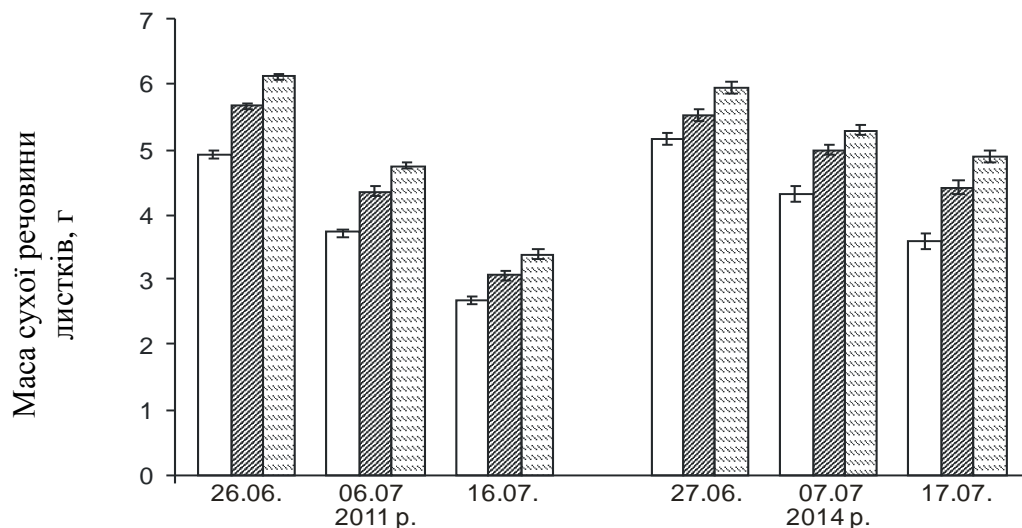


Рис. 3. Накопичення маси сухої речовини листків рослинами маку олійного за дії трептолему та емістиму С.

Дати обробки: 2011 рік – 16 червня, 2014 рік – 17 червня.

□ - контроль, ▨ - емістим С 0,1%-й, ▩ - трептолем (0,035 мл/л)

Отримані нами дані свідчать, що за дії екзогенних стимуляторів росту емістиму С та трептолему формувався більш потужний листковий апарат рослини, продовжувався термін життя листків.

Важливим показником асиміляційної активності є питома маса листків. Цей показник характеризується співвідношенням «маса сухої речовини листків / площа листків.» Нами встановлено, що листки маку у варіантах з обробкою стимуляторами росту з цитокініновим спрямуванням характеризуються меншою питомою масою листків (рис.4).

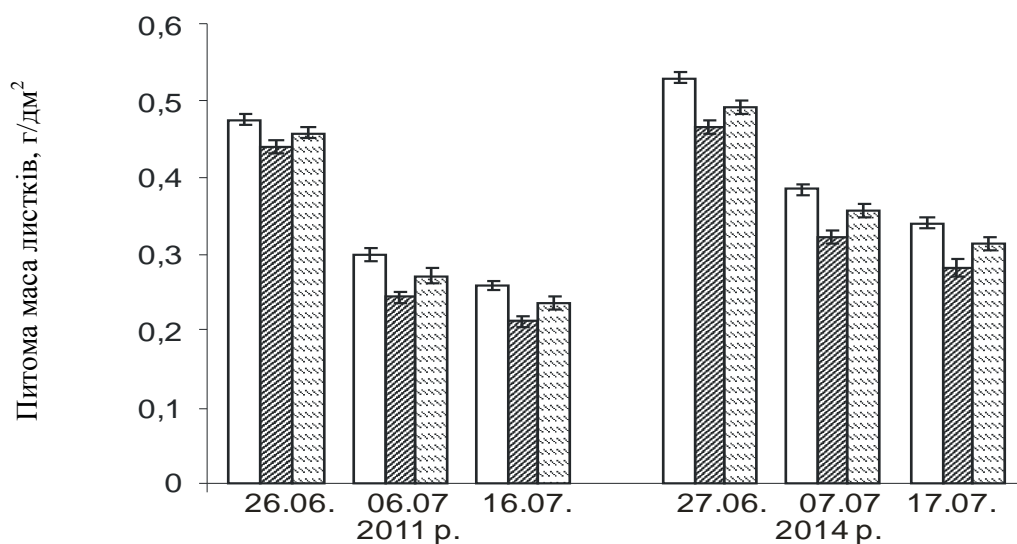


Рис. 4. Вплив регуляторів росту на питому масу листків рослин маку олійного.

Дати обробки: 2011 рік – 16 червня, 2014 рік – 17 червня.

□ - контроль, ▨ - емістим С 0,1%-й, ▩ - трептолем (0,035 мл/л)



Зменшення питомої маси листка та зміни у наростанні листкової поверхні у варіантах з обробкою стимуляторами росту трептолемом та емістимом С свідчить про структурні зміни в ньому за дії препаратів, що визначає необхідність більш глибокого вивчення причин цього явища. Відомо, що фізіологічний стан листка знаходиться в тісній взаємодії з його структурними особливостями, що визначаються в науковій літературі як «мезоструктура» [13].

Характер фотосинтетичного процесу великою мірою визначається анатомо-морфологічними особливостями листка [7, 12]. Так, в умовах польового дослідження нами встановлено, що у рослин маку олійного вже на 10-й день після обробки розчинами трептолеми та емістиму С відмічалася достовірне зростання товщини листків, збільшення товщини шару хлоренхіми, а також розмірів клітин асиміляційної паренхіми листка у всіх варіантах дослідження (табл. 2).

Встановлено, що потовщення листкової пластинки під впливом стимуляторів росту (трептолеми, емістиму С), відбувається за рахунок фотосинтетичної тканини – хлоренхіми. За дії препаратів збільшувалися лінійні розміри її клітин. Більш виражений ефект спостерігали за дії емістиму С [16]. При цьому слід відмітити, що чітка диференціація асиміляційної паренхіми (хлоренхіми) на стовпчасту та губчасту у рослин маку олійного відсутня.

Збільшення парціальної частки хлоренхіми в загальній структурі листків внаслідок формування більших за розмірами асиміляційних клітин за дії препаратів є позитивним чинником, який впливає на вміст пігментів та фотосинтетичні процеси.

Таблиця 2

Вплив регуляторів росту на мезоструктурну організацію листків рослин маку олійного (через 10 днів після обробки, фаза цвітіння)

Показники	Контроль	Емістим С 0,1%-й	Трептолем (0,035 мл/л)
Товщина листкової пластинки, мкм	233,29±5,91	*250,34±3,65	*267,12±5,41
Товщина верхнього епідермісу, мкм	68,15±1,64	68,76±1,01	69,66±1,63
Товщина хлоренхіми, мкм	127,52±2,97	*143,25±2,16	*152,12±2,14
Товщина нижнього епідермісу, мкм	37,62±1,29	*41,33±0,48	*45,32±1,64
Довжина клітин паренхіми, мкм	43,71±0,97	*53,22±1,21	*50,06±1,41
Ширина клітин паренхіми, мкм	23,04±0,84	*32,70±1,07	*31,94±0,85
Кількість продихів на 1 мм <sup>2</sup> абаксіальної поверхні листка, шт.	117,43±5,27	123,38±4,78	128,28±4,35
Площа одного продиху, мкм <sup>2</sup>	396,54±9,51	*496,06±8,39	*508,69±8,30
Кількість клітин епідермісу на 1 мм <sup>2</sup> абаксіальної поверхні листка шт.	440,02±8,34	*370,26±6,19	*393,33±6,25
Вміст суми хлорофілів (а+в), % на масу сирої речовини	0,22±0,002	*0,30±0,003	*0,27±0,004

Примітка: 1. \* – різниця достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Аналіз даних літератури свідчить про те, що характер дії стимуляторів на пігментну систему листка достатньо складний і залежить від особливостей досліджуваного об'єкту, специфіки препарату та умов його застосування. Під впливом емістиму С в рослин пшениці зростає нагромадження хлорофілу у листках [1], аналогічно за дії препарату нагромаджується більше пігментів фотосинтезу у листках рослин кукурудзи [11].

Отримані нами дані свідчать також, що препарати трептолем та емістим С суттєво збільшують вміст хлорофілів в листках олійного маку.

Обробка рослин маку олійного трептолемом та емістимом С також впливала на продиховий апарат листків. Проведені нами дослідження свідчать, що у дослідних рослин зростала площа продихів у всіх варіантах дослідження, та одночасно збільшувалась їх кількість на одиницю площі листка.

Відмічено, що суттєві зміни відбувалися під впливом препаратів і в епідермісі листків. Обробка стимуляторами росту листків маку олійного у фазу бутонізації призводила до потовщення нижнього епідермісу листків у всіх дослідних варіантах у порівнянні з контролем, та незначно впливала на товщину верхнього епідермісу. Привертає увагу той факт, що у обох варіантах досліджу зменшувалася кількість клітин епідермісу на одиницю абаксіальної поверхні листка в дослідних рослин в порівнянні з контролем, що свідчить про збільшення розмірів клітин нижнього епідермісу, найбільша різниця зафіксована у варіанті із використанням розчину трептолему концентрацією 0,035 мл/л.

Відомо, що регуляція донорно-акцепторних відносин у системі цілої рослини здійснюється через координацію фотосинтезу і ростової функції [7]. Такого ефекту можна досягти через морфологічні зміни - формування потужної листової поверхні, ефективної мезоструктури, прискорення темпів формування фотосинтетичного апарату і продовження тривалості життя листків, як основного донору асимілятів [17].

Отримані нами дані свідчать, що за дії емістиму С та трептолему формувалася більш потужний листовий апарат рослини, продовжувався термін життя листків, що формувало надлишок асимілятів для забезпечення росту плодів маку олійного. Наслідком цього було те, що обробка рослин стимуляторами росту призводила до достовірного збільшення кількості плодів на рослині – коробочок (табл. 3). Одночасно зростала маса тисячі насінин і маса насіння в коробочці, що призводило до збільшення урожайності культури [16].

Таблиця 3

Вплив стимуляторів росту на продуктивність маку олійного

Варіант досліджу	Кількість коробочок на рослині (шт)	Маса насіння в коробочці (г)	Маса 1000 насінин (г)	Врожайність кг/га
Контроль	3,02±0,11	3,21±0,06	0,496±0,012	812,66±9,64
Емістим С 0,1%-й	*3,49±0,12	*3,98±0,09	*0,558±0,014	*910,43±11,52
Трептолем 0,035мл/л	*3,53±0,11	*3,93±0,08	*0,547±0,013	*958,33±11,55

Примітка: \*- різниця достовірна при  $P \leq 0,05$

## Висновки

Під впливом розчину трептолему відбувається більш суттєве збільшення кількості, площі та маси листків, і потовщення стебла рослин маку олійного, ніж під впливом 0,1%-го емістиму С. Обробка рослин стимуляторами росту призводила до потовщення основної асиміляційної тканини листка хлоренхіми внаслідок розростання її клітин, а також сприяла збільшенню числа продохів і загальної їх площі на одиницю поверхні листка.

1. *Анішин Л.* Вплив біостимуляторів на врожай і якість озимої пшениці / Л. Анішин, // Новини захисту рослин. — 1999. — № 7-8. — С. 29—30.
2. *Грицаєнко З.М.* Вплив комплексного застосування півоту і емістиму с на формування площі асиміляційного апарату та синтез хлорофілу у рослинах сої / З.М. Грицаєнко, О.В. Голодрига //Збірник наукових праць УНУС. — Умань, 2011. — Вип. 77. — Ч. 1: Агрономія. — 166 с.
3. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — М.: Альянс, 2011. — 352 с.
4. *Дудник А.В.* Вплив біостимуляторів росту на біометричні показники та продуктивність гібридів соняшнику в умовах південного степу України / А.В.Дудник // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — Випуск 2(16). — 2005. — С. 178—182.
5. *Казаков Є.О.* Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин / Є.О. Казаков. — К.: Фітосоціоцентр, 2000. — 272 с.
6. *Кецкало В.В.* Ефективність передпосівної обробки насіння салату посівного головчастого регуляторами росту / В.В. Кецкало, О.І. Улянич //«Наукові доповіді НУБіП» 2011-4
7. *Киризий Д.А.* Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений / Д.А. Киризий. — К.: Логос, 2004. — 191 с.

8. *Козелець Г.М.* Регулятори росту в технології вирощування коріандру у північному степу України / Г.М. Козелець // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, № 17, 2012: 110-115.
9. *Кур'ята В. Г.* Фізіолого-біохімічні механізми дії ретардантів і етиленпродуцентів на рослини ягідних культур : дис. ... доктора біол. наук : 03.00.12 / Кур'ята Володимир Григорович. — К., 1999. — 318 с.
10. *Кур'ята В. Г.* Действие ретардантов на мезоструктуру листьев малины В. Г. Кур'ята // Физиология и биохимия культ. растений. — 1998. — Т. 30, № 2. — С. 144—149.
11. *Мамчур О. В.* Фізіологічні основи продуктивності рослин кукурудзи за дії регуляторів росту зеастимуліну та емістиму С: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 03.00.12 / О. В. Мамчур; УНУС. — Умань, 2010. — 20 с.
12. *Мокроносів А. Т.* Взаимосвязь фотосинтеза и функций роста / А. Т. Мокроносів // Фотосинтез и продукционный процесс. — М.: Наука. — 1988. — С. 109—121.
13. *Мокроносів А. Т.* Фотосинтез. Физиолого-биохимические и экологические аспекты / А. Т. Мокроносів, В. Ф. Гавриленко. — М.: Изд-во Московского ун-та, 1992. — 320 с.
14. *Петриченко В. Ф.* Фотосинтетична продуктивність гороху залежно від впливу технологічних прийомів вирощування в умовах лісостепу України / В. Ф. Петриченко, Р. А. Антипін // Корми і кормовиробництво. 2006. Вип. 57. — С. 3—14.
15. *Поливаний С. В.* Дія трептолему на морфогенез, продуктивність та якісні характеристики маку олійного / С. В. Поливаний, В. Г. Кур'ята // Агробіологія: Збірник наукових праць / Білоцерків. нац. аграр. ун-т. — Біла Церква, 2015. — Вип. 1(117). — 130 с. — 65—72 с.
16. *Поливаний С. В.* Формування фотосинтетичного апарату, насінневої продуктивності та якості олії маку олійного за дії емістиму С / С. В. Поливаний, В. Г. Кур'ята // Вісник УНУС. — Умань, 2015. — №1: Агрономія. — 186 с. — С. 42—46.
17. *Регуляція фотосинтезу і продуктивності рослин: фізіологічні та екологічні аспекти* / [Т. М. Шадчина, Б. І. Гуляєв, Д. А. Кірізії та ін.]. — К.: Укр. фітосоціоцентр, 2006. — 384 с.

«Публікація містить результати досліджень, проведених за грантом Президента України за конкурним проектом №Ф75/190-2018 Державного фонду фундаментальних досліджень»

*S. V. Polyvani*

Mychailo Kotsubinskyi Vinnitsya State Pedagogical University, Ukraine

#### ANATOMIC AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF LEAF APARATUS CONSTRUCTION OF OIL POPPY UNDER THE ACTION OF GROWTH STIMULANT

The influence of emistim C and treptolem on the morphological features and anatomical indices of the leaves of the oil poppy seed plants were studied in the conditions of the field experiment. It is established that the treatment of poppy plants with growth stimulants led to an increase in the branching of the stem, an increase in the number, area and mass of leaves. The treatment with treptolem and emittim C led to thickening of the main assimilation tissue of chlorhexylation leaf due to the growth of its cells, contributing to the increase in the number of stomata and their total area per unit on the leaf surface. The formation of powerful puff device ensures increased productivity of plants poppy oil. Found that drug lead to positive changes in the structure of the harvest - increasing the number of fruit per plant, number of seeds in boxes, the mass of the seeds.

*Key words: oil poppy (Papaver somniferum), regulator of growth, treptolem, emistim C, mesostructure of leaves, morphogenesis*

Рекомендує до друку

М. М. Барна

Надійшла 10.10.2018

# БІОТЕХНОЛОГІЯ

УДК 582.782:581.143.6

Ю. В. ЖУРЖА, Л. А. КОЛДАР

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України  
вул. Київська 12а, Умань, Черкаської обл., Україна, 20300

## РОЗМНОЖЕННЯ *RHAMNUS TINCTORIA* WALDST. ET KIT. В УМОВАХ *IN VITRO*

---

У статті наведено результати досліджень насінного розмноження *Rhamnus tinctoria* Waldst. Et Kit. *in vitro* за використанням різних концентрацій фітогормонів: 6-бензиламінопурину (БАП),  $\beta$ -індолілмасляної кислоти (ІМК), 1-нафтилоцтової кислоти (НОК). Досліджено етапи онтогенезу експлантів *R. tinctoria* (поява сім'ядолей, їх розгортання та ріст, поява першої пари справжніх листків, ріст кореня). З'ясовано, що за насінного розмноження рослин *R. tinctoria* насіння потребує скарифікації концентрованою сірчаною кислотою за експозиції 15 хв з подальшим використанням живильного середовища Мурасіге-Скуга, доповненого БАП у концентрації 1,0 мг/л та НОК – 1 мг/л. З'ясовано, що найшвидше (на 11–15 добу) проростало скарифіковане насіння. Висіане насіння мало високу схожість, добре проростало, формуючи вегетативну сферу та кореневу систему.

*Ключові слова:* *Rhamnus tinctoria* Waldst. Et Kit., насінне розмноження, скарифікація, стратифікація, фітогормони, *in vitro*

**Вступ.** Одним з основних напрямків дослідницької роботи ботанічних установ, у плані збереження видового різноманіття рослин, є охорона рідкісних, зникаючих або тих, що перебувають під загрозою зникнення видів флори України. Особлива увага приділяється розробці методів розмноження інтродукованих видів природної флори, що базуються на вивченні біоекологічних особливостей, з метою визначення їхньої життєздатності та перспектив збереження.

До рідкісних видів природної флори, належить жостер фарбувальний (*Rhamnus tinctoria* Waldst. Et Kit.) – балканський вид, який займає північну межу ареалу та росте в ізольованих локалітетах за його межами. Далі простягається на південний схід Середньої Європи, Південні Карпати, Балканський півострів [2], північ та схід Молдавії; південний схід Західної Європи – Трансильванія [1]. Занесений до Червоної книги України [2] та Молдови [3]. В Україні росте на північному заході Поділля, у Середньому Придністров'ї та на півдні Рівненської обл., у Причорномор'ї та на південному сході – околиця м. Святогірськ [6], у Чернівецькій області [2]. Природоохоронний статус виду: рідкісний. [2].

*R. tinctoria* – деревний інтродуцент, який цінується за швидкість росту, посухо- та зимостійкість, здатність закріплювати схили та попереджувати водну та повітряну ерозію ґрунтів. Перспективний для паркових алей та вуличних насаджень. Крім цього плоди *R. tinctoria* мають фарбувальні властивості.

Застосовуючи класичні методи розмноження, ми отримуємо відносно обмежену кількість рослин. Насінний спосіб розмноження не завжди може забезпечити потребу у садивному

матеріалі, оскільки для насіння видів цього роду характерний стан органічного спокою, коли хід ростових процесів уповільнюється, а проростання насіння затримується.

Одним із перспективних способів збереження рідкісних і зникаючих видів рослин в умовах *ex situ* є розмноження в культурі *in vitro*, що дає змогу вирішувати важливі проблеми рослинництва, а саме: в десятки та сотні разів збільшити коефіцієнт розмноження рослин, отримати здоровий, позбавлений вірусної інфекції садивний матеріал, а також за його допомогою зберегти генофонд рідкісних і зникаючих видів природної флори [4].

Тому мета наших досліджень полягала у розробленні технології розмноження *R. tinctoria* в умовах *in vitro* для масового одержання садивного матеріалу.

### Матеріал і методи досліджень

Матеріалом для досліджень слугувало насіння, зібране з рослин *R. tinctoria* у період їх плодоношення (третя декада вересня–друга декада листопада). Експериментальні дослідження проводили у лабораторії мікроклонального розмноження рослин Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України.

Під час дослідження розмноження *R. tinctoria in vitro* використовували скарифікацію та стратифікацію насіння згідно з рекомендаціями М.Г. Ніколаєвої [5]. Модифікацію живильного середовища Мурасіге і Скуга (МС) [7] для виведення насіння зі стану спокою проводили за використання п'яти концентрацій 6-бензиламінопурина (6-БАП), трьох концентрацій НОК та трьох концентрацій ІМК з додаванням вітамінів та амінокислот (табл.).

### Результати досліджень та їх обговорення

За даними М.Г. Ніколаєвої [5], насінню *R. tinctoria* властивий комбінований тип органічного спокою, який уповільнює хід ростових процесів і його проростання розтягується в часі або припиняє ріст взагалі.

Тому перед введенням у культуру *in vitro*, насіння *R. tinctoria*, для виведення зі стану спокою, піддавали скарифікації концентрованою сірчаною кислотою з експозицією 15 хвилин. Крім того, проводили стратифікацію (90 діб) введеного у пробірки необробленого насіння за дії низьких температур (+4 °С).

На 11-ту добу після сівби насіння на живильні середовища, першим спостерігали проростання скарифікованого насіння у варіанті II з додаванням 1,0 мг/л 6-БАП та 1 мг/л НОК (табл.).

Таблиця

Проростання насіння *R. tinctoria* після стратифікації і скарифікації

Варіант середовища	Концентрації фітогормонів, мг/л			Час проростання насіння, доби		
	БАП	НОК	ІМК	Контроль	Стратифікація	Скарифікація
I	0,5	0,5	–	47±2	26±3	13±3
II	1,0	1,0	–	50±2	28±5	11±4
III	1,5	–	0,5	48±4	29±4	14±2
IV	2,0	–	1,0	50±4	26±2	13±2
V	2,5	0,1	0,1	47±2	29±2	15±3

На 13-ту добу спостерігали початок проростання насіння у варіантах I (0,5 мг/л 6-БАП та 0,5 мг/л НОК) та IV (2,0 мг/л БАП та 1,0 мг/л ІМК). На 14–15 добу почало проростання насіння у III (1,5 мг/л БАП та 0,5 мг/л ІМК) та V (2,5 мг/л 6-БАП; 0,1 мг/л НОК та 0,1 мг/л ІМК) варіантах.

Після 90-добової стратифікації насіння холодними температурами порівняно зі скарифікацією, строки проростання насіння збільшувалися майже вдвічі та становили 26–29

діб. Найбільш активно відбувалося проростання у варіанті I (0,5 мг/л БАП та 0,5 мг/л НОК) та IV (2,0 мг/л БАП та 1,0 мг/л ІМК).

У контрольному варіанті (без обробки) проростання насіння розтягувалось на ще довший строк, який становив 47–50 діб.



Рис. 1. Розмноження *R. tinctoria in vitro* після скарифікації

Після проростання насіння на поверхні живильного середовища відбувалася поява сім'ядолей, їх розгортання та ріст тривали 20–25 діб (рис. 1). Через 9–14 діб, після появи сім'ядолей, спостерігали появу першої пари справжніх листків. Потім тривав інтенсивний ріст експланта у висоту, сіянці досягали 3–5 см завдовжки, і одночасно відбувався ріст кореня, який упродовж 15–18 діб після появи мав чітко виражений центральний корінь 0,8–1,4 см завдовжки та 2–3 корені першого порядку. На цьому етапі сіянець був придатний до подальшого пасажування на живильні середовища для розмноження, або перенесення в нестерильні умови адаптації.

Етап адаптації характеризується тим, що мікроклони, вирощені в умовах *in vitro*, потребують пристосування до умов *ex vitro*. На цьому етапі з пробірок відбирали рослини-регенеранти, які мали центральний пагін, або кілька пагонів з листками та добре сформований корінь і промивали у розчині перманганату калію (KMnO<sub>4</sub>). Промиті рослини висаджували у торф'яні диски для адаптації (рис. 2) та переносили у склянні контейнери, де адаптація відбувалася за температури 23±2°C, вологості 85–90% за 16-годинного фотоперіоду.



Рис. 2. Адаптація рослин *R. tinctoria* до умов *ex vitro*

Період адаптації тривав 8–12 діб. Приживання рослин становило 78±3 %. Після цього рослини з дисками пересаджували у контейнери з ґрунтосумішшю та переносили у теплицю для подальшої адаптації.

#### Висновки

1. У результаті проведених досліджень з'ясовано, що насінне розмноження *R. tinctoria in vitro* залежить як від способу подолання органічного спокою, так і від типу та концентрації фітогормонів у живильних середовищах.
2. Найбільш ефективним для проростання виявився варіант із скарифікацією насіння концентрованою сірчаною кислотою (15 хв.) та пророщування його на живильному середовищі МС з додаванням БАП 1,0 мг/л та 1 мг/л НОК, що сприяло активному виходу насіння із стану спокою і його проростанню на 11 добу.
3. Період адаптації рослин-регенерантів відбувався за температури 23±2° С, вологості 85–90% та 16-годинному фотоперіоді і тривав 8–12 діб. Приживання рослин становило 78±3 %.

1. *Деревья и кустарники СССР* / [С. Я. Соколов, З. Т. Аргюшенко, Ю. Д. Гусев, Г. Н. Зайцев и др.]. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — Т. 4. — 974 с.
2. *Дідух Я. П.* Червона книга України. Рослинний світ / Я. П. Дідух. — К.: Глобалконсалтинг, 2009. — 910 с.
3. *Красная книга Приднестровья* / М-во природных ресурсов и эколог. контроля Приднестр. Молд. Респ.; редкол.: О.А. Калякин (председатель), В.С. Рушук (гл. ред.), А.Д. Рушук [и др.]; сост.: И.Н. Жилкина, В.С. Тищенко, Т.Д. Шарапановская [и др.]. Тирасполь: Б. и., 2009. — 376 с.
4. *Кушнір Г. П.* Мікроклональне розмноження рослин, теорія і практика / Г.П. Кушнір, В. В. Сарнацька. — К.: Наукова думка, 2005. — 242 с.
5. *Николаева М.Г.* Справочник по проращиванию покоящихся семян / М.Г. Николаева, М.В. Разумова, В.Н. Гладкова. Л.: Наука, 1985. 384 с.
6. *Чорней І.І.* Сторінками Червоної книги України (рослинний світ) Чернівецька область / І.І. Чорней, В.В. Буджак, А.І. Токарюк. — Чернівці: ДрукАрт, 2010. — 452 с.
7. *Murashige T.* A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture / Т. Murashige, F. K. Skoog // *Physiol. Plant.* — 1962. — Vol. 15. — P. 473—497.

Y. V. Zhurzha, L. A. Koldar

Dendrological park Sofiivka of National Academy of Sciences of Ukraine, Uman, Ukraine

#### REPRODUCTION *RHAMNUS TINCTORIA* WALDST. ET KIT. UNDER THE CONDITIONS *IN VITRO*

Among the general directions of research work of botanical institutions, there is protection of rare, endangered or those that are endangered by the flora of Ukraine. Particular attention is devoted to the development of methods of reproduction.

To rare species of Ukraine's natural flora, belongs to *Rhamnus tinctoria* Waldst. Et Kit. (Dyer's Buckthorn) – Balkan's specie, in the Red Book of Ukraine.

The aim of the research was to develop the technology of reproduction of *R. tinctoria* in culture *in vitro* using scarification and stratification of seeds.

The material for research was the seeds of *R. tinctoria*. The experimental research have been carried out in the laboratory of the microclonal propagation of plants of the National dendrological park “Sofiivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Seeds of genus *Rhamnus* are characterized by a state of organic rest. Therefore, before introduction into the culture *in vitro*, the seeds of *R. tinctoria* were subjected to scarification with concentrated sulfuric acid with an exposure of 15 minutes. Stratification (90 days) of untreated seeds introduced into test tubes was carried out at a temperature of +4 °C. Seeds were germinated in biological test tubes on agarized nutrient media of Murashige and Skoog (MS), using five concentrations of 6-benzylaminopurine (BAP), supplemented with vitamins and amino acids.

The beginning of germination of scarified seeds was observed on days 11-15, which compared with stratification – 26-29 days and control – 47-50 days, gave the best result.

After germination of seeds, the appearance of cotyledons, their deployment and growth, the appearance of the first pair of real leaves, intensive growth in height, root growth.

It was found that the seed reproduction of *R. tinctoria in vitro* depends both on the way of overcoming organic rest, and on the quantitative content of phytohormones in nutrient media. The most effective variant was the scarification of seeds with concentrated sulfuric acid (15 min.) and a nutrient modified medium supplemented with BAP 1.0 mg/L and 1 mg/L NAA, which promoted active release of seeds from the resting state and its germination on the 11th day.

*Key words: Rhamnus tinctoria Waldst. Et Kit., seed propagation, scarify, stratification, phytohormones, in vitro*

Рекомендує до друку

Надійшла 27.12.2018

Н. М. Дробик

УДК 582.923.1:581.43:616 – 092.4

<sup>1</sup>Н. Й. ЯВОРСЬКА, <sup>1</sup>Н. М. ВОРОБЕЦЬ, <sup>2</sup>М. І. СКИБЦЬКА

<sup>1</sup>Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького  
вул. Пекарська, 69, Львів, 79010

<sup>2</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів, 79005

## **КУЛЬТУРА КОРЕНІВ *GENTIANA CRUCIATA* L. IN VITRO**

Отримання культури ізольованих коренів *Gentiana cruciata* L. є перспективним як можливе джерело біосинтезу і нагромадження вторинних метаболітів. Метою досліджень було визначення дії різних концентрацій і типів ауксинів на ініціацію ризогенезу в калюсній культурі *Gentiana cruciata* L. Отримано культуру коренів із калюсної тканини *G. cruciata* L. та оптимізовано умови для їх тривалого вирощування *in vitro*. Підібрано ефективні концентрації ауксинів для ініціації ризогенезу.

*Ключові слова: Gentiana cruciata* L., калюс, ризогенез *in vitro*

Рослини природної флори є цінним генофондом та джерелом біологічно активних речовин. На особливу увагу заслуговують рідкісні та зникаючі види лікарських рослин, які мають важливе значення для біологічної науки як об'єкт дослідження та для фармації як лікарська рослинна сировина (ЛРС). До групи таких рослин належать види роду Тирлич (*Gentiana* L.). У флорі України рід представлений 10 видами, дев'ять з яких ростуть, переважно, у гірських районах Карпат [8]. Види роду *Gentiana* належать до економічно-цінних, це – лікарські, декоративні, медоносні рослини. Деякі види тирличів використовують в офіційній медицині, вони також входять у фармакопеї багатьох країн світу, та у понад 100 найменувань препаратів [14]. Багаторічний досвід заготівлі видів роду *Gentiana* як лікарської сировини призвів до різкого скорочення ареалів, тож їх сировинні запаси недостатні для промислової заготівлі. В якості ЛРС найчастіше використовують корені та кореневища тирличів, які містять комплекс біологічно активних речовин (БАР): іридоїди, флавоноїди, ксантони, та ін. (понад 40) [7, 14]. *Gentiana cruciata* L. – тирлич хрещатий в Україні росте фрагментарно або розсіяно у південній частині лісових районів (зокрема у Львівській, Тернопільській, Волинській, Хмельницькій областях), у Лісостепу центральної частини та в гірських районах Криму на сухих луках і схилах, виходах вапняків, серед чагарників та по узліссях [6, 8].

Відома доволі низька здатність видів роду до генеративного та вегетативного розмноження. Одним із перспективних шляхів отримання додаткового джерела сировини, а також збереження цінних видів лікарських рослин, поряд із класичними природоохоронними



заходами, є застосування біотехнологічних методів, зокрема розмноження в умовах *in vitro*. Одержана в такий спосіб ЛРС може бути стандартизована з GMP і GACP, відповідно до Настанови СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2008 «Лікарські засоби. Належна виробнича практика» [4].

Особливості культури тканин окремих видів роду Тирлич детально описані [1, 2]. Деякі з таких культур та регенеранти, вирощені з них, накопичують достатньо БАР для використання цільового продукту [10–14]. Тому отримання культури ізольованих коренів *G. cruciata* є перспективним, як можливе джерело біосинтезу і нагромадження вторинних метаболітів.

Метою досліджень було визначення дії різних концентрацій і типів ауксинів на ініціацію ризогенезу в калюсній культурі *G. cruciata*.

### Матеріал і методи досліджень

Насіння *G. cruciata* одержували з рослин, які експонуються в колекції ботанічного саду Львівського національного університету імені Івана Франка і пройшли перше інтродукційне випробування [5].

Насіння *G. cruciata* після обробки 0,01% гібереловою кислотою (24 год), стерилізували 96 %-м етиловим спиртом (1 хв) і 33 %-им розчином  $H_2O_2$  (5–7 хв), промивали у стерильній бідистильованій воді (5–6 разів) та висівали на безфітогормональне живильне середовище Мурасіге-Скуга (МС) з додаванням сахарози – 3 % та агару – 0,7 %. Пророщували насіння в темряві за температури +24° С. Сегменти 10-12-ти добових проростків, вирощених асептично, служили експлантами для ініціації калюсогенезу. Експланти культивували в чашках Петрі на модифікованих живильних середовищах Мурасіге–Скуга (МС): **I** – середовище з ІОК ( $\beta$ -індолілоцтова кислота) – 0,6 мг/л, НОК (1-нафтилоцтова кислота) – 0,6 мг/л, синтетичний ауксин – 2,4-дихлорфеноксоцтова кислота (2,4-Д) 4 мг/л, кінетин (синтетичний цитокинін) 0,3 мг/л; **II** – середовище з ІОК 3 мг/л, НОК 0,6 мг/л, 2,4-Д 2,1 мг/л, кінетином 2,1 мг/л; **III** – середовище з 2,4-Д 3 мг/л, кінетином 0,3 мг/л; **IV** – середовище з 2,4-Д – 9 мг/л, кінетином – 0,3 мг/л. Культивування проводили за температури 24±2 °С та відносній вологості – 70 %, у двох варіантах: при освітленні (2000 лк) та у темряві. Для ініціації ризогенезу отриманий калюс продовжили культивувати в умовах темряви на модифікованих живильних середовищах МС I і III з різними концентраціями ІОК та 2,4-Д: А–середовище з ІОК – 1 мг/л, НОК – 0,6 мг/л; та кінетином – 0,3 мг/л; В– середовище ІОК – 3 мг/л, НОК – 0,6 мг/л, кінетин – 0,3 мг/л; С– середовище з ІОК – 6 мг/л, НОК – 0,6 мг/л, кінетин – 0,3 мг/л; D– середовище з 2,4-Д – 1 мг/л, кінетин – 0,3 мг/л; Е – середовище з 2,4-Д 3 мг/л, кінетин 0,3 мг/л; F – середовище з 2,4-Д – 6 мг/л, кінетин 0,3 мг/л. в присутності синтетичного цитокиніну – 6-бензиламінопурину (БАП) – 2 мг/л. Відзначали термін початку коренеутворення та визначали частоту ризогенезу (%) на 4й тиждень культивування. Калюс із ознаками диференційованих коренів переносили на свіже живильне середовище у колби ємністю 200 мл. Через 50–60 діб кореневу культуру знову пересажували на свіже середовище. Величину приросту маси ( $\Delta W$ ) виражали у відсотках:  $\Delta W = W_t - W_0 / W_0 \cdot 100\%$  (де  $W_t$  – маса калюсу в момент визначення;  $W_0$  – початкова маса калюсу) [3]. Статистичну обробку даних виконували з використанням Microsoft Excel.

### Результати досліджень та їх обговорення

Для індукції калюсогенезу оптимальними виявилися живильні середовища I і II. Приріст маси калюсу залежав від концентрації і співвідношення ауксинів та кінетину у живильному середовищі. Ріст калюсу *G. cruciata* на модифікованих живильних середовищах МС має нелінійний характер (рис. 1 а,б).

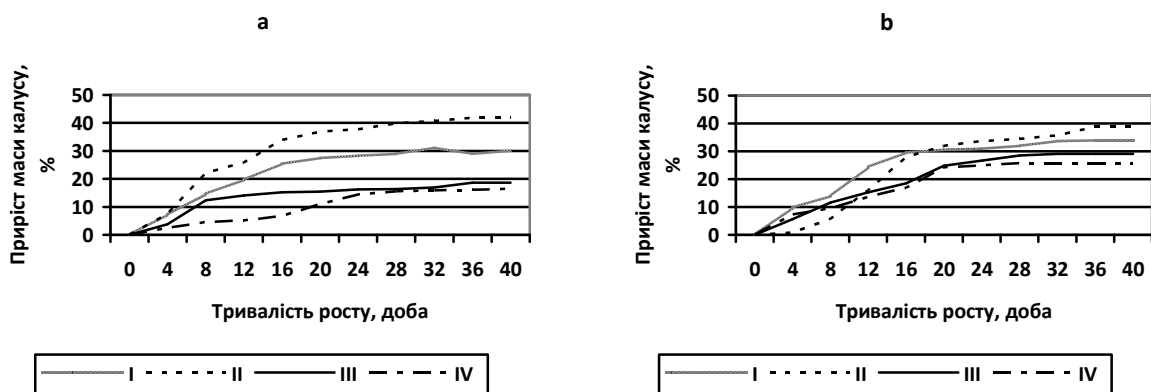


Рис.1 Ріст калусу *Gentiana cruciata* L. : а – в умовах освітлення, б – в умовах темряви; I-IV – варіанти живильних середовищ МС.

Найвища інтенсивність росту калусу зафіксована на збагаченому регуляторами росту живильному середовищі II в умовах освітлення (рис. 1а). Незважаючи на це, здатним до регенерації був лише калус, вирощений в умовах темряви. Інтенсивне наростання калусу в умовах освітлення супроводжувалося його побурінням, що свідчить про наявність ділянок відмерлих клітин, тоді як у калусі, вирощуваному в умовах темряви, побуріння спостерігали лише в стаціонарній фазі росту [9]. У темряві ріст калусу менш інтенсивний, ніж за освітлення на всіх досліджуваних середовищах (рис. 2).

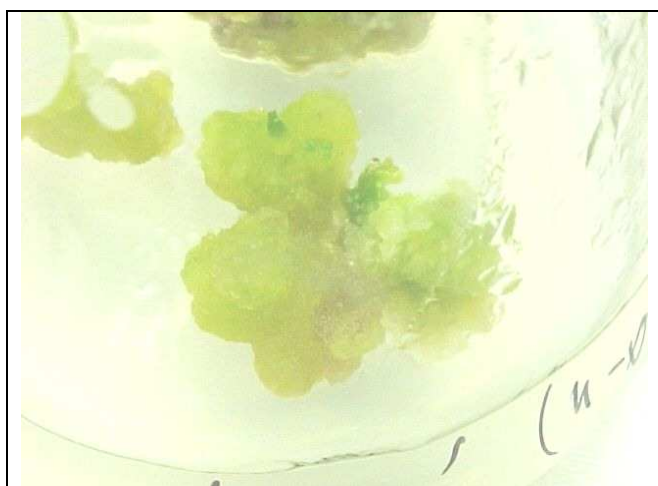


Рис. 2. Калус *G. cruciata* з ознаками диференціації, вирощений в умовах освітлення

Як в умовах освітлення, так і в умовах темряви, калус найшвидше наростав на живильному середовищі II, де різко вирізнялася lag-фаза тривалістю до 3 діб, після чого крива росту плавно переходила в експоненційну фазу росту, яка тривала до 20–22-ої доби (рис. 1).

Культура ізольованих коренів *G. cruciata*, одержана різними способами, є перспективною з погляду можливого біосинтезу і нагромадження цінних вторинних метаболітів, притаманних кореням цілих рослин [1, 12]. У нашій роботі використано метод непрямого соматичного ембріодогенезу одержання кореневої культури із калусної тканини (рис. 3), що вважається одним із перспективних напрямків індукції мінливості в культурі *in vitro*, обумовлює їх потенційну цінність для поліпшення існуючих характеристик рослин.

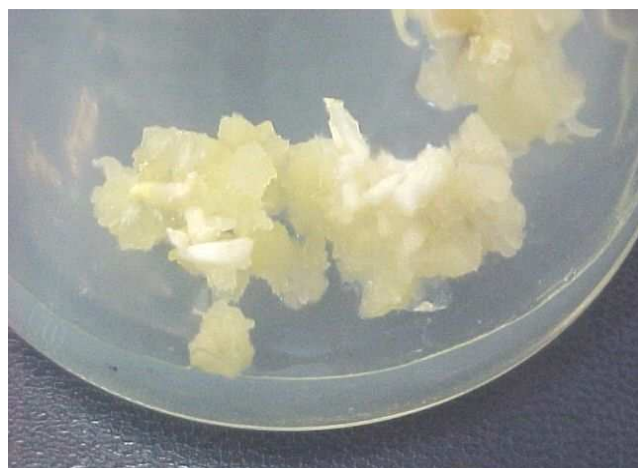


Рис. 3. Індукція ризогенезу з калюсу *G.cruciata* на модифікованому живильному середовищі МС (А, D) в умовах темряви

Аналіз отриманих результатів показав, що найбільш ефективною для ініціації коренеутворення з калюсної тканини *G. cruciata* виявилася концентрація ІОК – 1,0 мг/л у живильному середовищі, де частота ризогенезу становила – 85 %, а підвищення її вмісту в живильному середовищі до 3 мг/л інгібувало процес ризогенезу (57 %) (таблиця). Дія НОК та 2,4-Д на процес ризогенезу була позитивно помітною лише в поєднанні з ІОК.

Таблиця

Параметри індукції ризогенезу з калюсної культури *G. cruciata*

Живильне середовище	Кількість грудок калюсу у ч. Петрі	Середня кількість ініційованих корінців на ч. Петрі	Частота ризогенезу, %	Особливості індукції ризогенезу
А – середовище з ІОК – 1 мг/л, НОК – 0,6 мг/л; та кінетин – 0,3 мг/л	9	38,6±±3,4	85,1±4,6	Утворення коренів та їх ріст. Ріст коренів випереджає наростання калюсу
В – середовище ІОК – 3 мг/л, НОК – 0,6 мг/л, кінетин – 0,3 мг/л	9	22,4±1,9	57,3±2,6	Ріст коренів супроводжувався інтенсивним наростанням калюсної маси
С – середовище з ІОК – 6 мг/л, НОК – 0,6 мг/л, кінетин – 0,3 мг/л	9	6,1±1,1	12,2±2,1	Переважає наростання калюсу
Д – середовище з 2,4-Д – 1 мг/л, кінетин – 0,3 мг/л	9	24,3±2,1	48,3±2,8	Спостерігається ріст коренів
Е – середовище з 2,4-Д 3 мг/л, кінетин 0,3 мг/л	9	27,3±1,5	56,3±2,2	Ріст коренів супроводжувався та інтенсивним наростанням калюсної маси
Ф – середовище з 2,4-Д 6 мг/л, кінетин 0,3 мг/л	9	0	0	Повільний ріст калюсу. Корені не утворюються.

Для тривалого росту отриманої кореневої культури *G. cruciata* важливою є наявність у живильному середовищі БАП у концентрації 2 мг/л. Довготривале культивування кореневої культури дозволило одержати достатню біомасу для подальших досліджень (рис. 4).



Рис. 4 Культивування кореневої культури *Gentiana cruciata* L. на живильному середовищі МС (D)

### Висновки

Отже, у результаті проведених досліджень із калусної тканини *G. cruciata* отримано культуру коренів, яка здатна до тривалого росту в умовах *in vitro*, вивчено вплив комбінації різних концентрацій ауксинів на індукцію та інтенсивність ризогенезу тирличу хрещатого. БАР в її складі потребують подальшого вивчення.

1. Конвалюк І. І. Прямий органогенез *in vitro* тирличу жовтого (*Gentiana lutea* L.) / І.І. Конвалюк, Н.Б.Кравець, Н.М.Дробик [та ін.] // Біотехнологія. — 2010. — Т. 3 (5). — С. 66—72.
2. Конвалюк І. І. Отримання та характеристика культури ізольованих коренів рослин видів роду Тирлич (*Gentiana* L.) / І.І. Конвалюк, Л.Р. Грицак, В.М. Мельник [та ін.] // Біотехнологія. — 2011. — Т. 4, № 3. — С. 29—35.
3. Мусієнко М. М. Біотехнологія рослин. Навчальний посібник / М.М. Мусієнко, О.О. Панюта — К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. — 114 с.
4. Належна практика культивування і збору лікарських рослин (GACP) та гарантія якості лікарської рослинної сировини і препаратів на її основі / кол. авт.: науково-практ. посіб. — К.: Комітет сприяння боротьбі з економічною злочинністю і корупцією, 2013. — 104 с.
5. Скибіцька М. Біологічні особливості видів роду *Gentiana* L. в умовах ботанічного саду Львівського національного університету імені Івана Франка / М. Скибіцька, Н. Яворська // Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality. — 2016. — Slovak University of Agriculture in Nitra., Ed. by J.Brindza, S.Klymenko. — P. 434—439.
6. Страшнюк Н. М. Види роду *Gentiana* L. флори України у природі та культурі *in vitro* / Н.М. Страшнюк, Л.Р. Грицак., О.М. Леськова, В.М. Мельник // Укр. ботан. журн. — 2005. — Т. 62, № 3. — С. 337—348.
7. Страшнюк Н. М. Біологічно активні речовини видів роду *Gentiana* L. 1. Біосинтез та фізіологічна дія / Н.М. Страшнюк, О.М. Леськова, Г.Я. Загречук, В.М. Мельник, В.А. Кунах // Фітотерапія. Часопис. — 2006. — № 1. — С. 31—41.
8. Чопик В.І. Флора Українських Карпат / Чопик В.І., Федорончук М.М. — Тернопіль: ТЗОВ «Тернограф», 2015. — 712 с.
9. Яворська Н. Й. Ріст та диференціація калусу *Gentiana cruciata* L. (*Gentianaceae* Juss.) у процесі мікроклонального розмноження / Н.Й. Яворська, Т.М. Алембець, Л.О. Демків, О.Я. Хоркавців // Укр. ботан. журн. — 2000. — Т.56, № 1. - С.91—95.
10. Changes of gentiopicroside synthesis during somatic embryogenesis in *Gentiana macrophylla* / L.Y. Chen, Q.L. Chen, D. Xu [et al.] // *Planta Med.* -2009. - Vol.75(15). — P.1618—1624.
11. Skrzypczak L. *Gentiana* Species: In Vitro Culture, Regeneration, and Production of Secoiridoid Glucosides / L.Skrzypczak, M.Wesolowska, E.Skrzypczak In: Bajaj Y.P.S. (eds) Medicinal and Aromatic Plants IV. Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol 21. Springer, Berlin, Heidelberg, 1993. DOI [https://doi.org/10.1007/978-3-642-77004-3\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-642-77004-3_12)
12. Shoot proliferation and HPLC-determination of iridoid glycosides in clones of *Gentiana cruciata* L. / S.Hayta, I.H. Akgun, M.Ganzera [et al.] // *Plant Cell Tissue Organ Cult.* — 2011. — Vol. 107. — P. 175—180.

13. *Tissue and Organ Cultures of Gentians as Potential Sources of Xanthonenes and Flavonoids* / Drobyk N.M., Mel'nyk V.M., Twardovska M.O., Konvalyuk I.I., Kunakh V.A. // In: *The Gentianaceae. Vol. 2. Biotechnology and Applications.* / Ed. by. Rybczyński J.J., Davey M.R., Mikula A. — Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer, 2015. — P. 307—317.
14. *Xu Y. Analytical Methods of Phytochemicals from the Genus Gentiana* / Y.Xu, Y. Li, K.G. Maffucci, [et al.] // *Molecules.* — 2017, 22, 2080; doi:10.3390/molecules22122080

*N. Ya. Yavorska, N. M. Vorobets, M. I. Skibitska*

Danylo Haltsky Lviv National Medical University, Ukraine

Ivan Franko Lviv National University, Ukraine

#### CULTURE OF THE ROOTS OF *GENTIANA CRUCIATA* L. *IN VITRO*

The culture of isolated roots of *Gentiana cruciata* L. is promising as a possible source of biosynthesis and accumulation of secondary metabolites. The aim of the research was to determine the effect of various concentrations and types of auxins on the induction of rhizogenesis in the *G. cruciata* callus culture. *G. cruciata* root culture was obtained and the conditions for their long-term cultivation under *in vitro* conditions were optimized. Selected effective concentrations of auxins to induce rhizogenesis have been defined.

*Key words: Gentiana cruciata L., callus, rhizogenesis in vitro*

Рекомендує до друку

Н. М. Дробик

Надійшла 14.08.2018

# БІОХІМІЯ

УДК 577.125: (597.551.2+ 597.552.1): 546.723

<sup>1</sup>О. О. РАБЧЕНЮК, <sup>1</sup>В. О. ХОМЕНЧУК, <sup>1</sup>А. В. СТАНІСЛАВЧУК, <sup>2</sup>С. Б. ЗГУРСЬКА,  
<sup>1</sup>В. З. КУРАНТ

<sup>1</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

<sup>2</sup>Тернопільський навчально-виховний комплекс "Загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів - правовий ліцей №2"

вул. Новий Світ, 11, Тернопіль, 46003

## ОСОБЛИВОСТІ ВІЛЬНОРАДИКАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ У РИБ ЗА ВПЛИВУ ПІДВИЩЕНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ ФЕРУМУ У ВОДІ

---

Досліджено вплив підвищених концентрацій іонів Феруму (III) на стан антиоксидантної системи та вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів в тканинах (печінка та зябра) коропа і щуки. Відмічено, що іони Феруму, залежно від концентрації, здійснюють значний вплив на про- та антиоксидантні системи організму риб. При цьому ініціація вільнорадикального окиснення та утворення його продуктів має індивідуальний характер для кожного виду риб та виражену тканинну специфіку.

*Ключові слова:* короп, щука, пероксидне окиснення ліпідів, антиоксидантні ензими

У процесі аеробного метаболізму у тварин утворюються активні форми кисню (АФК), що є проміжними продуктами неповного відновлення кисню у дихальному ланцюзі [13, 22]. Основними мішенями для АФК (супероксид аніонрадикал, гідроген пероксид, гідроксильний радикал) є поліненасичені жирні кислоти. Пероксидне окиснення ліпідів (ПОЛ) – типовий вільнорадикальний процес, один з найважливіших окисних процесів в аеробних організмів, у тому числі і риб [21].

Проте за дії стресових чинників різного генезису (радіація, температурний стрес, пестициди, важкі метали тощо), коли продукуються додаткові кількості АФК, ПОЛ є основною причиною пошкодження ліпідів мембран [10, 18, 21], тому механізми атиоксидантного захисту у риб включають ферментні системи та низькомолекулярні антиоксиданти, подібні до тих, що існують у ссавців [14]. Виходячи з вище сказаного, оцінка окисного пошкодження та систем захисту від АФК в організмі риб об'єктивно відображає забруднення водних екосистем та може бути використана для оцінки токсичних ефектів за стресових ситуацій, спричинених різними групами хімічних забруднювачів, у тому числі металами зі змінною валентністю. Враховуючи вище сказане, метою нашої роботи було дослідження впливу іонів Fe<sup>3+</sup> на вміст окремих продуктів пероксидного окиснення ліпідів та активність антиоксидантних ензимів, як важливих індикаторів окисного стресу у тканинах коропа та щуки.

### Матеріал і методи досліджень

Досліди проводили на коропках (*Cyprinus carpio* L.) та щуках (*Esox lucius* L.) дворічного віку, масою 300–350 грамів. Риб виловлювали зі ставів Тернопільського рибкомбінату, урочище

Залісці. Контрольну та дослідні групи риб утримували в стаціонарних акваріумах об'ємом 200 л з відстояною водопровідною водою та постійною аерацією. Вміст  $O_2$  становив  $7,5 \pm 0,5$  мг/л;  $CO_2$  –  $2,5 \pm 0,3$  мг/л; рН –  $7,8 \pm 0,1$ . Температуру підтримували аналогічно природній у цей сезон протягом 14-ти діб. У кожному акваріумі утримувалось по 5 риб. Риб під час досліду не годували.

Вивчали вплив іонів  $Fe^{3+}$  в концентраціях 0,2 і 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, що відповідали 2 та 5 рибогосподарським ГДК [6]. Необхідні концентрації іонів металу у воді створювали внесенням солі  $FeCl_3 \times 6H_2O$  кваліфікації «х.ч.». Воду у всіх акваріумах змінювали щодобово.

У дослідженнях використовували зябра і печінку риб. Вміст дієнових кон'югатів в досліджуваних тканинах визначали в гексано-ізопропанольних (1:1) екстрактах [7]. Концентрацію ТБК-активних продуктів за реакцією між малоновим диальдегідом (МДА) і тіобарбітуровою кислотою [4]. Визначення вмісту гідропероксидів ліпідів полягало в осадженні білка 10 % трихлороцтовою кислотою з наступною дією на досліджуваний матеріал амоній тіоціанатом. При цьому попередньо проводили екстракцію ліпідів етанолом [1]. Активність антиоксидантних ензимів, зокрема каталази, визначали за методом [5], активність СОД – за рівнем інгібування ферментом процесу відновлення нітросинього тетразолію при наявності NADH і феназинметасульфату [8].

Статистичну обробку одержаних результатів проводили в Microsoft Excell (критерій Стьюдента).

### Результати досліджень та їх обговорення

Дієнові кон'югати є первинними продуктами ПОЛ, що відносяться до токсичних метаболітів, які можуть здійснювати пошкоджуючу дію на ліпопротеїди, білки, ферменти та нуклеїнові кислоти. Аналіз отриманих результатів показав, що вміст дієнових кон'югатів у печінці коропа за дії 5 ГДК іонів Феруму (III) зростає у 1,2 рази ( $p < 0,05$ ), тоді як за впливу 2 ГДК іонів металу достовірних відмінностей щодо контролю відмічено не було (рис. 1). У зябровій тканині коропа мало місце пропорційне до концентрації іонів  $Fe^{3+}$  зростання кількості дієнових кон'югатів у 1,8 та 2,1 рази відповідно. Це свідчить про активацію процесів пероксидації ліпідів.

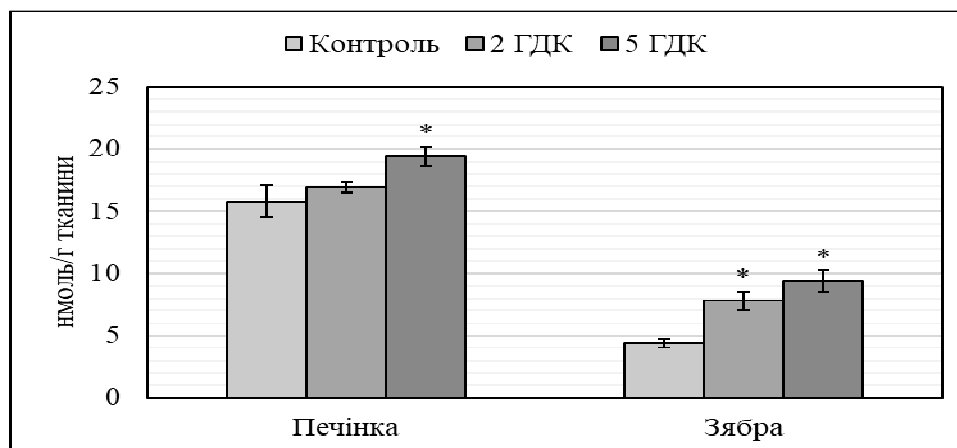


Рис. 1. Вміст дієнових кон'югатів у тканинах коропа за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

У печінці щуки було відмічено подібну до коропа динаміку змін кількості дієнових кон'югатів (рис. 2). Так, за впливу 2 ГДК іонів Феруму мало місце зростання вмісту ДК у печінці щуки в 1,4 рази, а за дії 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  у 1,6 рази ( $p < 0,05$ ). У зябрах щуки за дії 2 ГДК іонів металу було відмічено достовірне зниження концентрації дієнових кон'югатів у 1,7 рази, тоді як за впливу 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  вміст досліджуваних метаболітів не відрізнявся від контрольних значень.

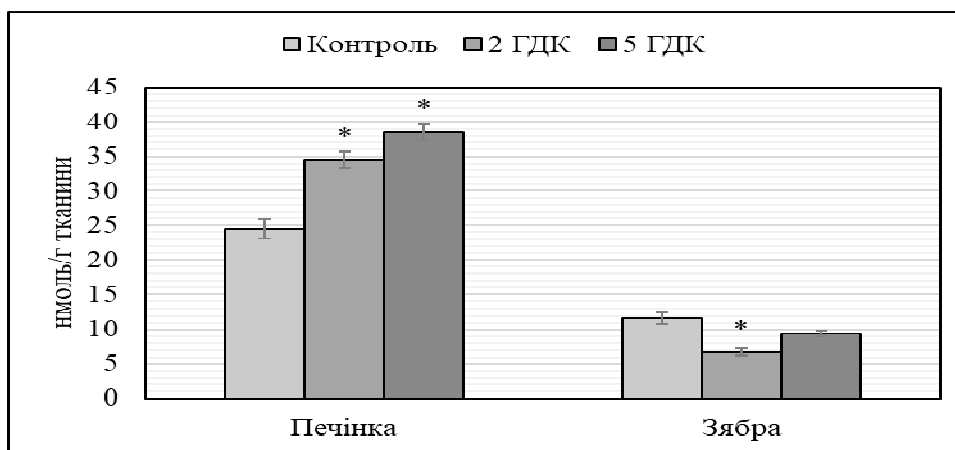


Рис. 2. Вміст дієнових кон'югатів у тканинах щуки за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Гідропероксиди ліпідів, як і дієнові кон'югати є первинними продуктами ПОЛ. Аналіз вмісту гідропероксидів ліпідів за впливу підвищених концентрацій іонів Феруму (III) показує яскраво виражений видовий та тканинний характер змін (рис. 3-4).

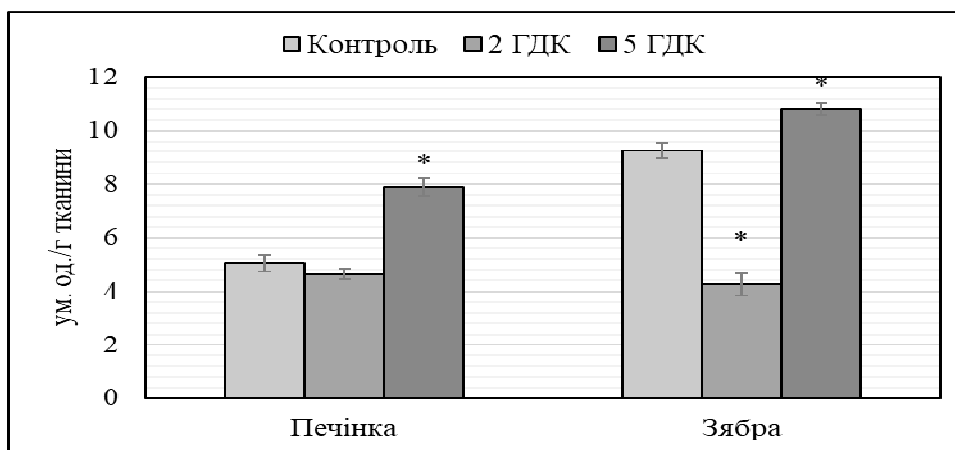


Рис. 3. Вміст гідропероксидів ліпідів у тканинах коропа за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Так, максимальна з досліджуваних концентрацій іонів металу викликала зростання рівня гідропероксидів ліпідів у 1,5 рази в печінці та у 1,2 рази у зябровому апараті коропа відносно контрольних значень ( $p < 0,05$ ). За впливу 2 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  зміни вмісту відмічено лише в зябрах коропа, де спостерігалось достовірне зниження вмісту гідропероксидів у 2,1 рази. При цьому у печінці коропа за даної концентрації іонів металу спостерігалася тенденція до зниження кількості гідропероксидів ліпідів.

На відміну від коропа, у печінці щуки мало місце достовірне зниження гідропероксидів ліпідів у 1,3 рази лише за 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  (рис. 4). У зябрах щуки спостерігалось зростання вмісту гідропероксидів ліпідів у 1,1 та 1,2 рази за впливу 2 та 5 ГДК іонів металу щодо контролю відповідно. Зростання кількості гідропероксидів ліпідів у зябрах обох видів риб за впливу 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  є свідченням посилення пероксидації ліпідів, що очевидно пов'язано із значним акумулюванням Феруму у тканинах зябер досліджуваних видів риб. Окислювальний стрес виникає тоді, коли швидкість продукування АФК перевищує швидкість їх утилізації та відновлення біомолекул.



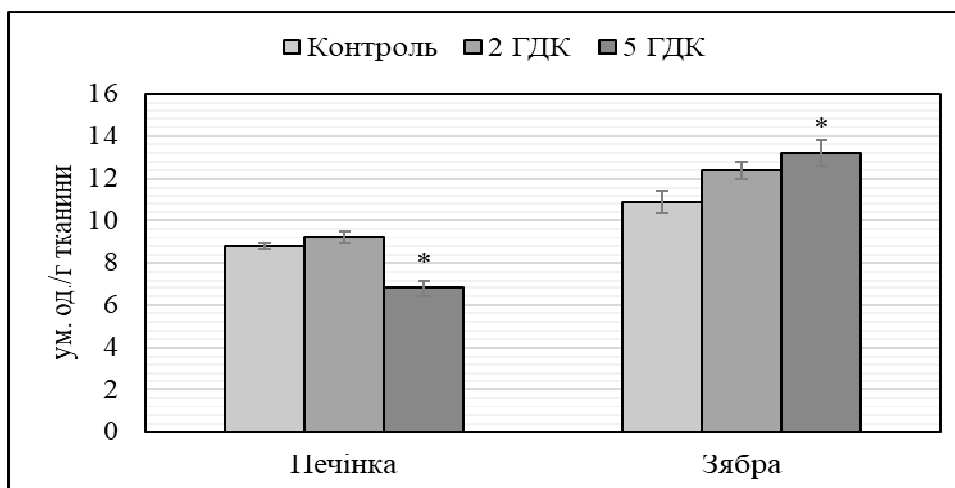


Рис. 4. Вміст гідропероксидів ліпідів у тканинах щуки за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Отже, в цілому спостерігається зростання вмісту даних метаболітів у зябрах коропа та щуки за дії 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$ , що може бути свідченням окисного стресу в їх організмі.

Одним із вторинних продуктів ПОЛ є малоновий диальдегід, який може утворюватися з гідропероксидів [2]. Негативна роль його полягає в зшиванні молекули ліпідів і зниженні плинності мембран. Підвищений вміст ТБК-активних продуктів у метаболічно активних тканинах може бути свідченням окисного стресу в організмі риб [15].

Аналіз отриманих результатів показав, що вміст ТБК-активних продуктів у печінці та зябрах коропа за впливу підвищених концентрацій іонів Феруму достовірно не відрізняється від контрольних значень (рис. 5).

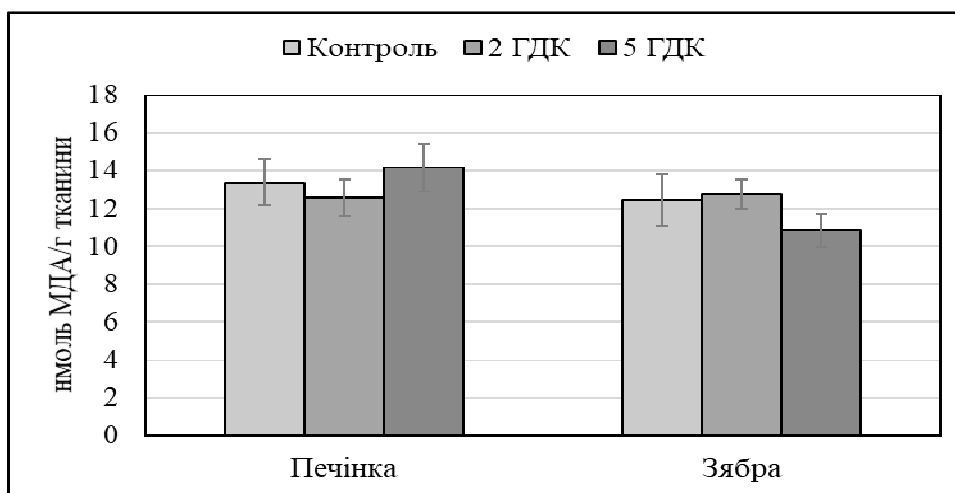


Рис. 5. Вміст ТБК-активних продуктів у тканинах коропа за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

На відміну від коропа, у зябрах щуки має місце зменшення кількості ТБК-активних продуктів за дії 2 ГДК іонів металу (рис. 6). За впливу 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  рівень даного метаболіту дещо зростає, однак не досягає контрольних значень. У печінці щуки достовірних змін щодо кількості ТБК-активних продуктів як за дії 2, так і 5 ГДК іонів Феруму не виявлено.

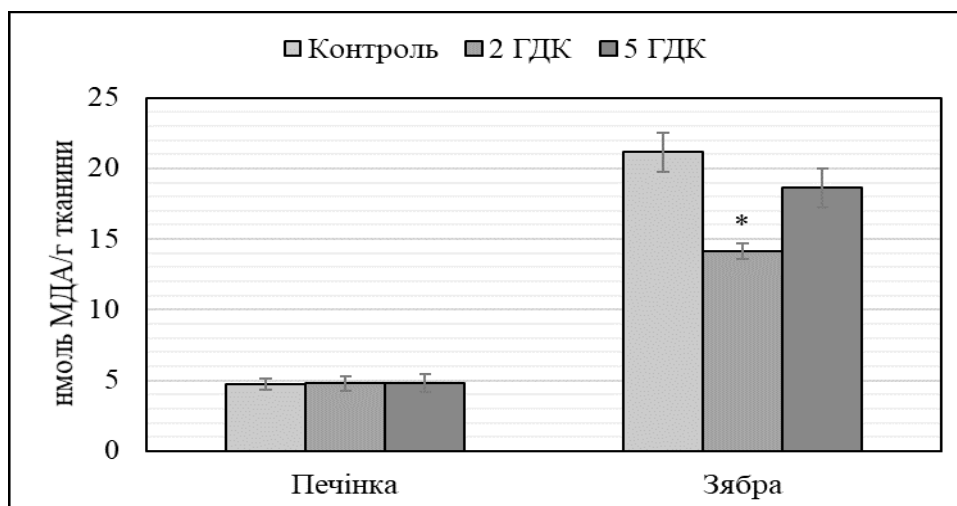


Рис. 6. Вміст ТБК-активних продуктів у тканинах щуки за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Отже, в цілому іони Феруму здійснюють значний вплив на про- та антиоксидантні системи організму риб. Ініціація вільнорадикального окиснення та утворення його продуктів має індивідуальний характер для кожного виду риб та виражену тканинну специфіку.

Дія деяких ксенобіотиків, включно металів, може призводити до утворення в організмі гідробіонтів додаткових кількостей високореакційних форм кисню та зменшення антиоксидантних засобів захисту [3]. Це в свою чергу ініціює оксидативний стрес у біологічних системах, що призводить до пошкодження тканин, запалення, та старіння [26]. Оксидативний стрес є результатом дисбалансу між утворенням активних форм кисню та функціонуванням антиоксидантних систем в організмі риб [23]. Взаємодія між АФК та антиоксидантними системами у аеробних організмів здійснюється серією внутрішньоклітинних антиоксидантних ферментів, що перехоплюють і інактивують оксигеновмісні радикали.

Важливу роль у знешкодженні АФК в організмі риб відіграють антиоксидантні ензими – супероксиддисмутаза, глутатіонпероксидаза та каталаза. Підвищена активність даних ензимів є індикатором наявності в організмі риб оксидативного стресу [27]. Разом з тим, синтез антиоксидантних ензимів у тканинах риб значною мірою залежить від вмісту у воді мікроелементів, які входять до їх складу [9].

Аналіз результатів активності ензимів системи антиоксидантного захисту риб за впливу підвищених концентрацій Феруму (III) у воді показав виражену концентраційну та видову специфіку змін.

Так за дії 2 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  у воді активність каталази у печінці коропа знижується в 1,3 рази, тоді як вплив 5 ГДК іонів металу призводив до зростання активності цього ензиму у 1,1 рази ( $p < 0,05$ ; рис.7). Зниження рівня активності каталази може бути пов'язано з прямою чи опосередкованою дією металу на структуру ферменту [12], депресією синтезу каталази [2] та, що найбільш ймовірно, гальмуванням ферментної активності потоком супероксидних радикалів [11]. Це підтверджується зростанням активності СОД у печінці коропа за впливу іонів Феруму (рис. 7).

У тканині зябрового апарату коропа за впливу підвищених концентрацій іонів Феруму (III) достовірних відмінностей у функціонуванні каталази у контрольної та дослідних груп виявлено не було (рис. 7). Відмінності в реакціях ПОЛ окремих органів можуть бути обумовлені різними механізмами адаптації. Відомо, що за дії стресових чинників в метаболічно активних тканинах посилюється синтез ненасичених жирних кислот, а в тканини печінки на тлі зниження їх рівня значно змінюється співвідношення окремих ненасичених жирних кислот [3].

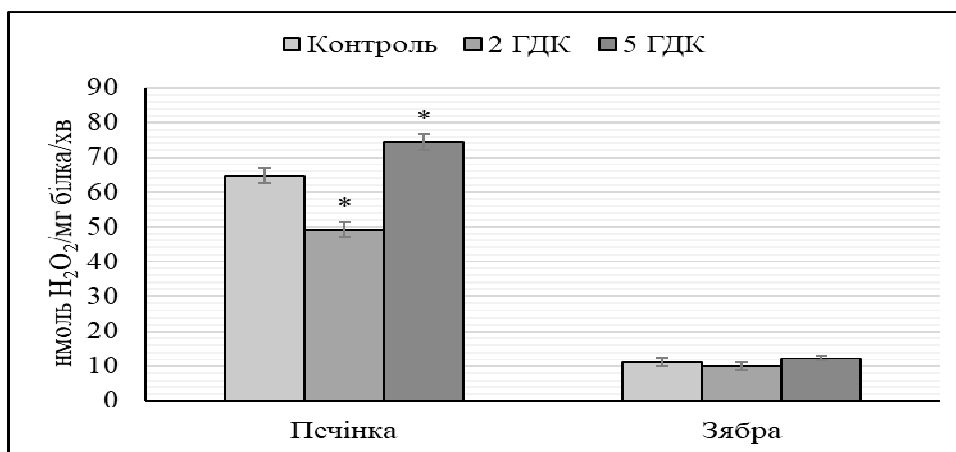


Рис. 7. Активність каталази у тканинах коропа за дії підвищених концентрацій іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

У печінці щуки дія підвищених концентрацій іонів Феруму не призводила до достовірних змін активності каталази, проте як і в коропа відмічено тенденцію до незначного зниження активності ферменту за впливу 2 ГДК та зростання її за максимальної з досліджуваних концентрацій іонів металу (рис. 8).

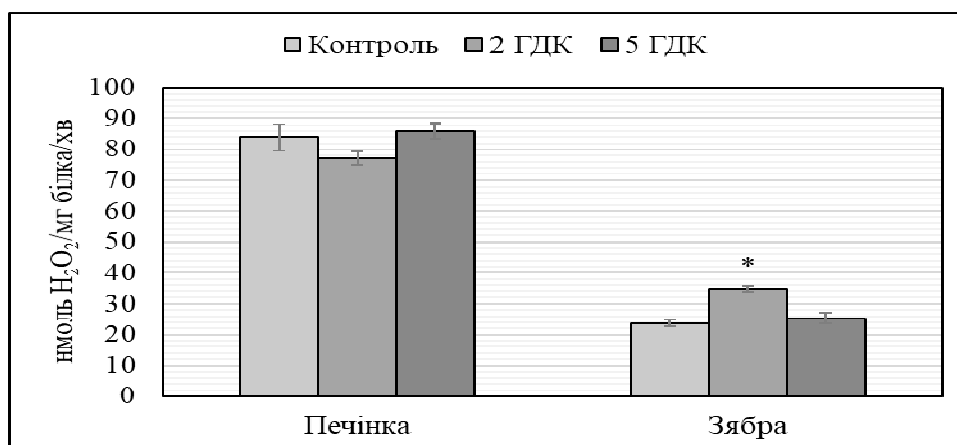


Рис.8. Активність каталази у тканинах щуки за дії підвищених концентрацій іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

У тканині зябер щуки було відмічено достовірне зростання активності каталази у 1,5 рази лише за дії 2 ГДК іонів. Підвищений рівень ферментної активності за впливу металів може бути свідченням оксидативного стресу [20]. Оскільки зміни у функціонуванні каталази важко інтерпретувати, то, можливо, вплив металів, як відмічає низка авторів [19], викликає різновекторні модуляції у діяльності каталази залежно від виду гідробіонтів, часу експозиції та специфіки реакційної здатності тканини тощо.

Супероксиддисмутаза тканин риб є специфічним біомаркером забруднення водного середовища Ферумом і Меркурієм [19]. Вміст Феруму і метаболізм супероксиду взаємопов'язані. Підвищене продукування супероксид-аніону збільшує виділення вільного Феруму [17].

Аналіз функціональної активності СОД за впливу підвищених концентрацій іонів Феруму (III) показує виражену видову та тканинну реактивність змін. Так, в печінці як коропа, так і щуки, достовірних змін у активності ензиму відмічено не було, проте спостерігалася тенденція прямопропорційного до концентрації іонів металу у воді зростання активності СОД. У зярах коропа було відмічено зростання у 1,2 рази активності СОД за дії 2 ГДК іонів  $Fe^{3+}$ , тоді як вплив 5 ГДК викликав зниження активності ензиму щодо контрольних значень (рис. 9).

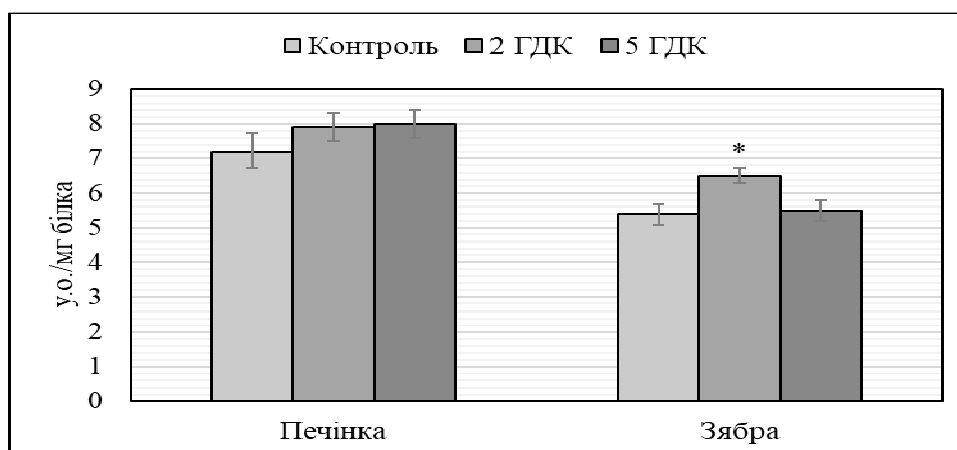


Рис. 9. Активність СОД у тканинах коропа за дії підвищених концентрацій іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Значне підвищення активності СОД та посилення пероксидації ліпідів було відмічено в еритроцитах цихлідових риб із забрудненої Ферумом річки. При цьому найвищими дані показники були відмічені навесні, коли концентрація металу у воді було найвищою [24].

На відміну від коропа, у зябрах щуки має місце зниження активності СОД за дії 2 ГДК іонів металу та активація даного ензиму у 1,2 рази за умов наявності у воді 5 ГДК іонів Феруму (рис. 10).

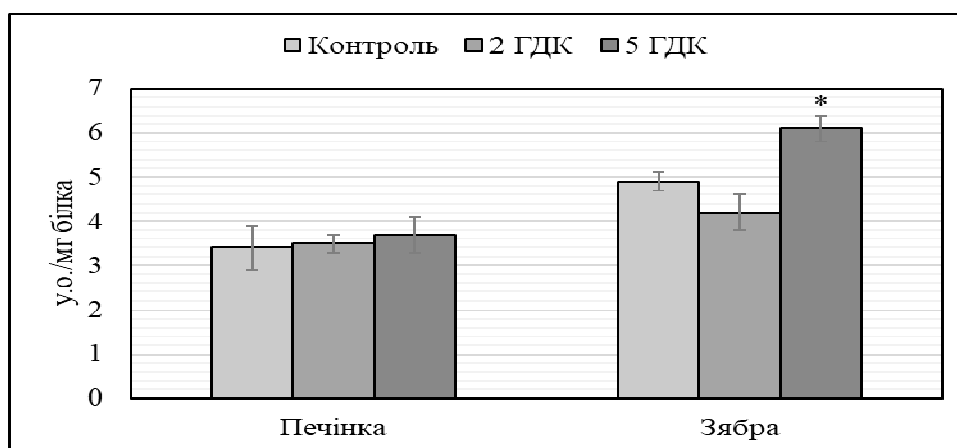


Рис. 10. Активність СОД у тканинах щуки за дії підвищених концентрацій іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

У дослідженнях [16] було відмічено дозозалежне гальмування активності СОД та збільшення продукування ТБК-активних продуктів у ембріонів медаки (*Oryzias latipes*) за дії нанозаліза. Разом з тим у дорослих риб із збільшенням часу експозиції активність СОД зростає. Стимуляція активності супероксиддисмутази може бути адаптивною реакцією на збільшення кількості супероксидних радикалів в присутності перехідних металів [25].

### Висновки

За умов підвищених концентрацій іонів Феруму у воді відмічено видові тканинні та концентраційні особливості змін вмісту продуктів ПОЛ у досліджуваних видів риб. Слід відмітити відносну збалансованість між ПОЛ і інактивацією АФК у зябрах та печінці риб.

Високі концентрації  $Fe^{3+}$  (5 ГДК Феруму) посилюють процеси пероксидного окиснення ліпідів в зябрах та печінці риб, на що, в цілому, вказує підвищення вмісту дієнових кон'югатів та гідропероксидів ліпідів. Разом з тим, дія 2 ГДК іонів Феруму (III) здебільшого не викликала пероксидації ліпідів відносно контролю, що підтверджується відсутністю накопичення, а в

окремих випадках зниженням кількості продуктів ПОЛ. Очевидно, за дії невисоких концентрацій Феруму (III) антиоксидантна система ефективно знешкоджує вільні радикали у тканинах риб.

Відмічено різновекторність змін активності ключових ензимів антиоксидантної системи риб за впливу підвищених концентрацій іонів Fe<sup>3+</sup>. Так, активність каталази в печінці обох видів знижується за впливу 2 ГДК та зростає за дії 5 ГДК іонів металу. У тканинах зябер (за винятком щуки за впливу 2 ГДК іонів Феруму) змін у функціонуванні каталази відмічено не було. Достовірні зміни у активності СОД мали місце лише в зябровій тканині риб – зростання у коропа за дії 2 ГДК та у щуки за впливу 5 ГДК іонів металу.

1. *А. с. № 1084681 СССР, МКИ G № 33/48. Способ определения гидроперекисей липидов в биологических тканях / В. В. Мирончик. (СССР). – №3468369/28-13; заявл.08.07.82 ;опубл. 07.04.84, Бюл. № 13.*
2. *Абрамова Ж.И. Человек и противокислительные вещества // Ж.И. Абрамова, Г.И. Оксенгендлер. — Л.: Наука, 1985. — 230 с.*
3. *Возрастная и тканевая специфика чувствительности про- и антиоксидантной систем карповых рыб к действию тяжелых металлов / А.И. Рабаданова, М.М. Габибов, С.А. Чалаева, Г.Р. Амирова, А.Ю. Аюбова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — Том 19, № 2 (2). — 2017. — С. 326—329.*
4. *Корабейникова С. Н. Модификация определения ПОЛ в реакции с ТБК / С. Н. Корабейникова // Лаб. дело. — 1989. — № 7. — С. 8—9.*
5. *Королюк М. А. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк [и др.] // Лаб. дело. — 1988. — №1. — С. 16—19.*
6. *Обобщенный перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-безопасных уровней воздействия вредных веществ (ОБУВ) для воды рыбохозяйственных водоемов / Минрыбхоз СССР. — М.,1990. — 44с.*
7. *Стальная И. Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот / И.Д. Стальная // Современные методы в биохимии / под. ред. В. Н. Ореховича. — М. : Медицина, 1977. — С. 63—64*
8. *Чевари С. Определение антиоксидантных параметров крови и их диагностическое значение в пожилом возрасте / С. Чевари, Т. Андлян, Я. Штенгер // Лаб. дело. — 1991. — №10. — С. 9—13.*
9. *Янович Н.С. Вміст продуктів перекисного окиснення ліпідів і активність антиоксидантних ферментів у тканинах коропа за різного вмісту марганцю у воді / Н.С. Янович, Р.Й. Кравців // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. — 2008. — Т. 10, № 4 (39). — С. 296—299.*
10. *Allen T. Resistance to oxidative stress in a freshwater fish *Channa punctatus* after exposure to inorganic arsenic / T. Allen, R. Singhal, S.V. Rana // Biological Trace Element Research. — 2004. — Vol. 98. — P. 63—72.*
11. *Assessing pollution in the Danube River near Novi Sad (Serbia) using several biomarkers in sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) / Stanic B., Andric N., Zoric S., [et al.] // Ecotoxicol. Environ. Saf. — 2005. — Vol. 65. — P. 395-402.*
12. *Biochemical effects of long-term exposure to Cr, Cd, Ni on rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Rich.-influence of sex and season / [Ariillo A., Targiocco C., Melodia F., Mensi F.] // Chemosphere. — 1982. — Vol. 11. — P. 47—57.*
13. *Davies K.J.A. Oxidative stress the paradox of life. / K.J.A. Davies // Biochemical Socies Symposia. — 2000. — Vol. 61. — P. 1—31.*
14. *Di Giulio R.T. Reactive oxygen species and oxidative stress / R.T. Di Giulio, D.E. Hinton (eds.) // The Toxicology of Fishes. CRC Press, Taylor and Francis Group. — 2008. — P. 273—324.*
15. *Doherty V.F. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in some selected fishes in Lagos, Nigeria / V.F. Doherty, O.O. Ogunkuade, U.C. Kanife // American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. — 2010. — Vol. 7 (3). — P. 359—365.*
16. *Effects of waterborne nano-iron on medaka (*Oryzias latipes*): Antioxidant enzymatic activity, lipid peroxidation and histopathology / H.C. Li, Q. Zhou, Y. Wu [et al.] // Ecotoxicology Environmental Safety. — 2009. — Vol. 72 (3). — P. 684—692.*
17. *Emerit J. Iron metabolism, free radicals, and oxidative injury / J. Emerit, C. Beamont, F. Trivin // Biomedical Pharmacolgy. — 2001. — Vol. 55. — P. 333—339.*

18. *Ercal N.* Toxic metals and oxidative stress part I: Mechanisms involved in metal induced oxidative damage / N. Ercal, H. Gurer-Orhan, N. Aykin-Burns // *Current Topics in Medicinal Chemistry*. — 2001. — Vol. 1. — P. 529—539.
19. *Hemmadi V.* A critical review on integrating multiple fish biomarkers as indicator of heavy metals contamination in aquatic ecosystem / V. Hemmadi // *International Journal of Bioassays*. — 2017. — Vol. 6 (9). — P. 5494—5506.
20. *Kovacik A.* Oxidative stress in fish induced by environmental pollutants / A. Kovacik // *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. — 2017. — Vol. 50 (1). — P. 121—125.
21. *Lushchak V.I.* Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals / V.I. Lushchak // *Aquatic Toxicology*. — 2011. — Vol. 1. — P. 13—30.
22. *Mahboob S.* Environmental pollution of heavy metals as a cause of oxidative stress in fish: a review / S. Mahboob // *Life Sci. J.* — 2013. — Vol. 10. — P. 336-347.
23. *Nishida Y.* The chemical process of oxidative stress by copper (II) and iron (III) ions in several neurodegenerative disorders / Y. Nishida // *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly*. — 2011. — Vol. 142. — P. 375—384.
24. *Oxidative stress biomarkers of exposure in the blood of cichlid species from a metal-contaminated river / C.B.G. Ruas, C.D. Carvalho, H.S.S. Araujo [et al.] // Ecotoxicology Environmental Safety*. — 2008. — Vol. 71. — P. 86—93.
25. *Pedrajas J.R.* Purification of Cu, Zn superoxide dismutase isoenzymes from fish liver: appearance of new isoforms as a consequence of pollution / J.R. Pedrajas, J. Peinado, J. López-Barea // *Free Rad. Res. Commun.* — 1993. — Vol. 19. — P. 29—41.
26. *Sohal R.S.* Mechanisms of aging: an appraisal of the oxidative stress hypothesis / R.S. Sohal, R.J. Mockett, W.C. Orr // *Free Radicals Biol. Med.* — 2002. — Vol. 33. — P. 575—586.
27. *Ubani-Rex O.A.* Biochemical effects of the toxic interaction of copper, lead and cadmium on clarias gariepinus / O.A. Ubani-Rex, J.K. Saliu, T.H. Bello // *Journal of Health & Pollution*. — 2017. — Vol. 7. — P. 38—48.

*O. O. Rabchenyuk, V. O. Khomenchuk, A. V. Stanislavchuk, S. B. Zhurska, V. Z. Kurant*

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

Ternopil Educational Complex "Secondary School of I-III Degrees - Legal Lyceum №2", Ukraine

#### FEATURES OF FREE-RADICAL PROCESSES IN FISH FOR INFLUENCE OF INCREASED CONCENTRATIONS OF ION IRON IN WATER

The influence of increased concentrations of Ferum (III) ions on the state of the antioxidant system and the content of products of peroxide oxidation of lipids in tissues (liver and gills) of carp and pike have been investigated. It is noted that Ferum ions, which are depend on the concentration, have a significant influence on the pro- and antioxidant systems of the organism of fish. At the same time, the initiation of free radical oxidation and the formation of its products has an individual character for each species of fish and a pronounced tissue specificity. It has been established that high concentrations of  $Fe^{3+}$  ions (5 MPCs of metal ions) activate the processes of peroxide oxidation of lipids in gills and liver of fish, which, in general, indicates an increase in the content of diene conjugates and lipid hydroperoxides. At the same time, the action of 2 MPCs of ferrum ions, mostly did not cause increased peroxidation of lipids, which is confirmed by the lack of accumulation, and in some cases by the decrease in the number of products of peroxide oxidation of lipids. It is noted that the multivectoral changes in the activity of key enzymes of the antioxidant system of fish are influenced by the increased concentrations of  $Fe^{3+}$  ions. Thus, the activity of catalase in the liver of both species is reduced by the influence of 2 MPCs and increases with the action of 5 MPCs of metal ions. In the tissues of the gills (with the exception of pike for the influence of 2 MACs of Ferum ions) no significant changes in the functioning of catalase were noted. Significant changes in the activity of superoxide dismutase were noted only in the gill tissue of fish, where there was an increase in the activity of the enzyme in the carp in the action of 2 MPC and pike for the effect of 5 MPC of metal ions.

*Key words: carp, pike, peroxide oxidation of lipids, antioxidant enzymes*

Рекомендує до друку

Надійшла 28.11.2018

В.В. Грубінко

46 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2018, № 3-4 (74)

# ЕКОЛОГІЯ

УДК 565.7:574.3:004.94

<sup>1</sup>І. М. ГРОД, <sup>1</sup>Л. О. ШЕВЧИК, <sup>2</sup>Н. Я. КРАВЕЦЬ

<sup>1</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

<sup>2</sup>ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»  
вул. Ю. Словацького, 2, Тернопіль, 46000

## **СПРОБА ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПОПУЛЯЦІЙ АНТОФІЛЬНИХ КОМАХ МЕТОДОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

---

Розглянуто алгоритм побудови моделі на основі методу прогнозування Бокса-Дженкінса. Приведено опис критеріїв, що використовуються для створення оптимальної моделі і перевірки її коректної роботи. Значна увага приділяється реалізації алгоритму часових рядів засобами програмування. Для перевірки роботи було використано короткочасний прогноз чисельності антофільних комах суходільних лук Західного Поділля. Для кожної комбінації параметрів використовують функцію SARIMAX з модуля Statsmodels, яка підбирає сезонну модель ARIMA та оцінює її загальну якість.

*Ключові слова:* комахи-антофіли, ентомофільні рослини, популяція, часові ряди, ARIMA- модель, прогнозування, SARIMAX – функція

Екологічна взаємодія рослин і тварин є основою біологічного різноманіття. Значне багатство форм подібної взаємодії у природі чинить відчутний вплив на формування динаміки популяцій і еволюцію видів. Ще на зорі формування еволюційних ідей Ч. Дарвіна, описані ним взаємні адаптації рослин і комах-запилювачів, лягли в основу еволюційної теорії.

У 1964 році, після виходу публікації Paul R. Ehrlich і Peter H. Raven – "Butter flies and Plants: A Study in Coevolution" [27], взаємодія між рослинами і комахами-запилювачами розкривається з точки зору коєволюції. Пошук таких взаємодій поширився на дослідження різних рядів комах, яких було названо антофільними (комахи-запилювачі). Різні аспекти взаємин антофільних комах з ентомофільними рослинами розглядаються в роботах: Е. Грінфельда [3], Е.Тіхменевої [18], К. Феррі Пейла [20], Г. Длуського [5-7], Д. Грицкевича [4], L. Comba [23], S. Corbet [24], В. Мутіна [11], S.Yurtsever [38], В. Хвиря [21], Н. Кравець [9, 10], В. Бровдія [1]. Сучасні дослідження зводяться до вивчення процесів запилення рослин комахами - антофілами, з точки зору фіксації частоти відвідування квітів запилювачами, репродуктивного потенціалу, особливостей функціонування генеративної складової рослин та інше.

Вивчення структури угруповань, де різноманітність видів антофільних комах – важлива складова прогнозу багатства ентомофільних рослин і, навпаки, багатство рослин відповідає за різноманітність комах. Подібна залежність обумовлюється реакцією обох учасників процесу на зовнішні чинники, біотичні, абіотичні та антропогенні навантаження. Вони ж пояснюють значення антофілії, для забезпечення насінневого відтворення рослин. Необхідність врахування

всіх цих факторів обумовлює актуальність питання моніторингу на кожному конкретному етапі моделювання з метою прогнозування стану популяції як рослин, так і комах.

У програмах екологічного моніторингу важливе місце відводиться розробці методів моделювання динаміки популяцій, а також вивченню можливостей оцінювання стану екосистем, угруповань і популяцій за особливостями варіювання чисельності [30]. Аналіз результатів довготривалих спостережень є одним з основних завдань екологічного моніторингу. Найбільш доступною інтегральною характеристикою популяцій є чисельність, з якою тісно пов'язано багато інших параметрів. Тому традиційно в теоретичній і практичній екології питанням вивчення динаміки чисельності приділяється першочергове значення. Проте багато аспектів оцінки та аналізу чисельності популяцій дотепер залишаються дискусійними [31, 32, 33].

Саме тому за умови постійного моніторингу за станом розвитку і динамікою змін та контролю за нормою вилучення особин популяції, а також за умови правильно здійсненого прогнозу популяція може існувати необмежено довго і зберігати свою продуктивність.

Для спроби прогнозування динаміки чисельності популяції антофільних комах було обрано запропоновану Вох-Дженкіс (1976) авторегресійну інтегровану систему зсуву (ARIMA), яка є одним з найбільш класичних методів аналізу часових рядів [2, 13, 26, 28, 35]. Представлена у вигляді порядку зміненого середнього (МА) у поєднанні з порядком авторегресії (AR), модель активно використовується в епідеміології для прогнозування захворювань, а саме лихоманки Денге у Тайланді [34, 36, 37], геморагічної лихоманки [29, 30], а також для прогнозування поведінки мозку - штучних нейронних мереж [22]. Проте, наскільки нам відомо, не використовувалася для прогнозування динаміки антофільних комах.

Метою роботи є побудова та дослідження модифікованої моделі, що відноситься до класу авторегресійних моделей, та вивчення ефекту стабілізації складу популяції в рамках цієї моделі.

### Матеріал і методи досліджень

Матеріалом для дослідження антофільних комах послужили власні збори і спостереження протягом вегетаційних періодів 2000–2017 років на суходільних луках Західного Поділля. Стаціонарними дослідженнями були охоплені околиці м. Тернополя, села Плоске Кременецького р-ну, Сільце Підгаєцького р-ну, Лосяч Борщівського р-ну Тернопільської області, лучні біотопи заповідника «Медобори». Збір, фіксацію та етикетування матеріалу здійснювали за загальноприйнятими в ентомології методами [19]. Спостереження за комахами та їх індивідуальний (ручний) збір на квітах проводили безпосередньо в природних умовах з використанням ентомологічного сачка. Зібрано близько 7,5 тис. особин імаго. Для визначення комах використовували таблиці та статті ентомологів [8, 12, 14, 15, 16, 17, 25].

Для дослідження використано модель ARIMA (модель Бокса-Дженкінса), яка є інтегрованою композицією метода авторегресії (AR) і моделі ковзаючого середнього (МА):

$$Y_t = \varphi_0 + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q}$$

де,  $Y_t$  позначає кількість особин популяції в момент  $t$ ,  $Y_{t-1}$  – кількість особин популяції в момент  $t-1$ ,  $Y_{t-p}$  – число особин в момент  $t-p$ ;  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$  – авторегресивні параметри (порядку  $p$ );  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_p$  – ковзаюче середнє значення параметрів (порядку  $q$ ), при визначенні часової серії випадкових даних, або «білий шум» у момент часу  $t$ ,  $\omega_{t-1}$  виражає білий шумовий процес в момент  $t-1$ ,  $\varphi_0$  – константа. «Білий шум» – величина, що відповідає випадковій вибірці з нормальним розподілом, середнім рівним «0» і дисперсією – постійною в кожний період часу. «Білий шум»,  $\omega_{t-1}, \dots, \omega_{t-q}$  вважаються статистично незалежним [2].

Бокс і Дженкінс запропонували виділити клас нестационарних рядів, які через обчислення послідовних різниць можна привести до стаціонарного виду ARMA. Якщо ряд після обчислення  $d$  послідовних різниць зводиться до стаціонарного, то для прогнозування його рівнів можна застосувати комбіновану модель авторегресії і змінного середнього, яка



позначається ARIMA (p, d, q), де p – порядок авторегресії (AR), який дозволяє додати попередні значення часового ряду; d – порядок інтегрування (порядок відмінностей вихідного часового ряду), який додає в модель поняття різниць часових рядів (визначає кількість минулих часових точок, які потрібно викреслити з поточного значення); q – порядок змінного середнього (MA), який дозволяє встановити помилку моделі. Для врахування сезонності використовується сезонна ARIMA (p, d, q) (P, D, Q) s. Тут (p, d, q) – несезонні параметри, описані вище, а (P, D, Q) аналогічні параметри, що застосовуються до сезонної складової часового ряду. Параметр s визначає періодичність тимчасового ряду [35].

При побудові ARIMA (p, d, q) – моделі необхідно прагнути до мінімізації числа її параметрів. Параметри моделі оцінюються на основі коефіцієнтів автокореляції вихідного процесу. Зі збільшенням числа параметрів в моделі для визначення їх значень необхідно використовувати в якості вихідних даних більше число вибірових коефіцієнтів автокореляції, а це погіршить ситуацію, бо тоді точність їх оцінки буде падати.

Задача полягає у визначенні загального виду моделі із класу моделей ARMA з найменшим числом параметрів в порівнянні з іншими можливими варіантами. Цей процес супроводжується процедурами оцінки параметрів альтернативних варіантів моделей і вибору найкращого із них на основі критеріїв якості, які оцінюються за допомогою функції SARIMAX.

Методологія Бокса-Дженкінса підбору моделі для конкретного ряду дослідження складається із чотирьох етапів: ідентифікація моделі, оцінювання, тестування та використання моделі для прогнозування, для програмування використовували Python 3

### Результати досліджень та їх обговорення

Для реалізації моделі ARIMA були взяті дані кількості особин популяції комах антофілів зареєстрованих на ентомофільних рослинах лучних біотопів Західного Поділля. Загалом було зареєстровано 23443 особини комах за період часу з 2000 р по 2017 (табл. 1). За період часу з 2001 по 2007 роки спостерігається значне зменшення кількості зареєстрованих особин на ентомофільних рослинах (з 1520 до 1190 особин). Проте з 2008 року по 2012 рік спостерігається стабілізація кількості антофілів, з незначним зниженням показника у 2011 (1496 особин) та 2012 роках (1432 особин).

Таблиця 1

Динаміка чисельності комах - антофілів досліджуваної популяції (вхідні дані)

Часова позначка (рік)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Кількість особин популяції (одиниць)	1520	1230	1407	1325	1156	1204	1190	1230	1507	1512	1496	1432	1305	1245	1127	994	1003

В роботі ми спробували спрогнозувати чисельність популяції в умовах нерівномірного розподілу видів і ресурсів, а також провести чисельне дослідження можливих сценаріїв існування виду у заданому інтервалі часу (2000 – 2017 рр.). Для побудови математичної моделі використали вхідні дані наведені у таблиці 1.

Для кожної комбінації параметрів ARIMA (p, d, q) (P, D, Q)s використовуємо функцію SARIMAX з модуля Statsmodels системи програмування, який може підібрати нову сезонну модель ARIMA і оцінити її загальну якість. Після оптимізації гіперпараметрів отримано оптимальну модель ARIMA(0, 1, 1)x(0, 1, 1, 1), яка може здійснювати прогнозування майбутніх даних.

Для прогнозування даних шляхом побудови моделі часових рядів, перш за все необхідно порівняти прогнозовані значення з реальними, що забезпечить точність прогнозів (рис. 1).

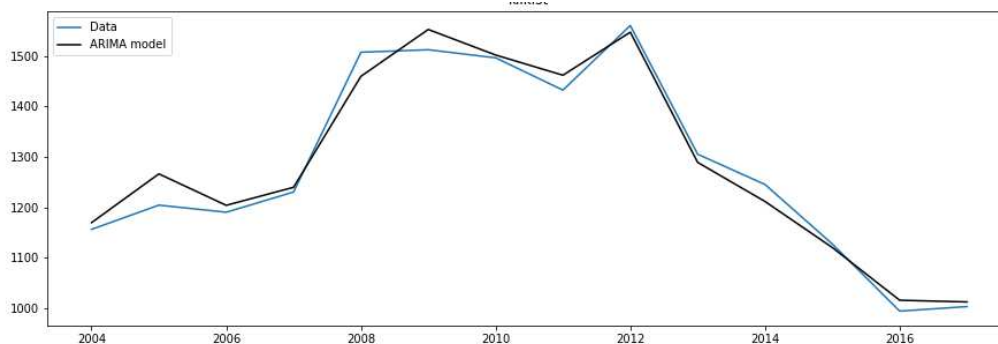


Рис. 1. Співставлення реальних даних з отриманими прогнозами

Співставлення реальних даних з отриманими прогнозами показали, що побудована модель демонструє достатньо схожий результат. Проте в ній не враховані погодні чинники такі як температура, вологість, кількість опадів. У майбутніх дослідженнях плануємо розглянути більш складні методи прогнозування, зокрема гібридні або з кількома моделями, які будуть враховувати ці параметри і забезпечать більш точні прогнози у довгостроковій перспективі.

### Висновки

Обраний нами підхід комп'ютерного моделювання, спрямований на застосування моделей часових рядів ARIMA для прогнозування чисельності, можливий як перша спроба у використанні цієї моделі для дослідження динаміки популяції комах - антофілів. Побудована на основі архівних даних модель може стати важливим інструментом моніторингу та прогнозування біорізноманіття, як комах так і рослин на територіях зі схожими абіотичними і біотичними факторами.

1. Бровдій В.М. Еволюційне вчення: підручник / В.М. Бровдій. — К.: ВЦ „Академія”, 2013. — 336 с.
2. Бокс Дж., Дженкінс Г.М. Аналіз часових рядів, прогноз і управління / Бокс Дж., Дженкінс Г.М. — М.: Мир, 1974. — 406 с.
3. Гринфельд Э. К. Происхождение антофилии у насекомых / Э. К. Гринфельд. — Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1962. — 186 с.
4. Грицкевич Денис Иванович. Экология мух-журчалок (Diptera Syrphidae) Нижнего Приамурья : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. биол. наук / Грицкевич, Денис Иванович. — Ленинград, 1998. — 19 с.
5. Длуский Г. М. Структура коадаптивного комплекса лесных энтомофильных растений с широким кругом опылителей / Г. М. Длуский, Н. В. Лаврова, К. П. Глазунова // Журнал общей биологии. — 2002. — Т. 63. — № 2. — С. 122—136.
6. Длуский Г. М. Механизм конкуренции за опылителей у купыря (*Anthriscussylvestris*) и сныти (*Aegopodium podagraria*) (Ariaceae) / Г. М. Длуский // Журнал общей биологии. — 1998. — Т. 59. — № 1. — С. 24—42.
7. Длуский Г. М. Механизмы ограничения круга опылителей у вересковых (Ericaceae) / Г. М. Длуский, К. П. Глазунова, К. С. Перфильева // Журнал общей биологии. — 2005. — Т. 66. — № 3. — С. 224—238.
8. Ключко З. Ф. Совки України. / Зоя Ключко. — Київ: Видавництво Раєвського, 2006. — 248с.
9. Кравець Н. Я. Місце твердокрилих у процесі перехресного запилення квіткових рослин // Тези доповідей конференції молодих дослідників-зоологів (Київ, 20-21 квіт. 2010 р. ) / Кравець Н. Я.; Інститут зоології. — К., 2010. — С. 66
10. Кравець Н.Я. До вивчення екології антофільних комах Західного Поділля / Н.Я. Кравець // Наукові записки. Серія: Біологія. — 2007. — №1 (31). — С. 59—63.
11. Мутин В.А. Мухи-журчалки (Diptera: Syrphidae) в антофільних комплексах Южного Приморья / В кн.: Систематика и эколого-фаунист. Обзор отдельных отрядов насекомых Дальнего Востока. Владивосток, 1983в. — С. 100—109.
12. Некрутенко Ю. Денні метелики України. / Юрій Некрутенко, Вадим Чиколовець — Київ: Видавництво Раєвського, 2005. — 232 с.

13. Нормативні системи в прогнозуванні розвитку / Л.І.Муратова [і ін.] // Управління системами [Електронний ресурс]: [ Веб сторінка]. — Електронні дані. — 2009, №20. URL: <http://uecs.mcnp.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=145>
14. Определитель насекомых. Европейской части СССР: в пяти томах.. [под. общ. ред. Г. Я. Бей — Биенко] — М. — Л.: Наука, 1978. — (Определитель насекомых. Европейской части СССР). Т.3 Перепончатокрылые ч. 1. / Г. С. Медведев. — 1978. — 584 с.
15. Осичнюк Г. З. Бджолині (Apoidea) правобережного степу України. / Г. З. Осичнюк. — Київ : Вид - во АНУ РСР, 1959. — 390с.
16. Плавильщиков Н. Н. Определитель насекомых. Краткий определитель обычных насекомых европейской части СССР 3 - изд. / Н. Н. Плавильщиков — М.: Гос. учеб.- пед. Изд-во Мин-во. просвещения РСФСР, 1957. — 548 с.
17. Плющ И. Г. Дневные бабочки (Hesperioidea и Papilionoidea, Lepidoptera ) Восточной Европы. / И. Г. Плющ, Д. В. Моргун, К. Е. Довгайло, Н. И. Рубин, И. А. Солодовников — CD определитель, база данных и пакет программ “Lysandra”. — Минск, 2005.
18. Тихменев Е.А. Экология опыления некоторых арктических осоковых (Cyperaceae) /Тихменев Е.А. // Бот. журн. — 1979. —Т. 64, № 2. —С. 247—250.
19. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. — М.: Высшая школа, 1961. — 304 с.
20. Фегри К. Основы экологии опыления / Фегри К., Ван дер Пэйл. — Л.; М.: Мир. — 1982. — 379 с.
21. Хвир В.И. Насекомые — посетители соцветий бодяка полевого (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) в условиях запада центрального района Беларуси / В. И. Хвир // Вестник БГУ. — 2005. — Серия 2. , № 2. — С. 69—72.
22. Collantes-Duarte J., Rivas-Echeverriat F. Time Series Forecas tingusing ARIMA, Neural Networksand Neo Fuzzy Neurons / Collantes-Duarte J., Rivas-Echeverriat F. // WSEAS International Conferenceon Neural Networks and Applications, Switzerland, 2002 [Електронний ресурс]: [ Веб сторінка]. — Електронні дані. — Режим доступу до журн.: 6 р. URL: [www.wseas.us/e-library/conferences/switzerland2002/papers/464.pdf](http://www.wseas.us/e-library/conferences/switzerland2002/papers/464.pdf)
23. Comba L. Flowers, nectar and insect visits; evaluating British plant species for pollinator-friendly Gardens / Comba L., Corbet S. A., Hunt L. et al. // Annals of Botany. — 1999. — Vol. 83, № 4. — P. 369-383.
24. Corber S. A. Butterfly nectaring flowers: butterfly morphology and flower form // Entomologia experimentalis et applicata. — 2000. — Vol. 96, № 3. — P. 289—298.
25. Dąbrowski J., S. Ślimakówki - Cochliidiidae, Kraśniki - Zygaenidae. Klucze do oznaczania owadów Polski / J. S. Dąbrowski, S. Ślimakówki. — Warszawa, 1965. — Cz. XXVII, z. 14 — 15. — 46 s.
26. Day-Ahead Electricity Price Forecasting Usingthe Wavelet Transformand ARIMA Models / A.J. Conejo [atal.] / A.J. Conejo [atal.] // IEEE transaction on power systems. — 2005 — Vol. 20, No. 2. — P. 1035 — 1042.
27. Ehrlich R., Raven Paul & H., Peter. Butterflies and Plants: A Study in Coevolution./ R. Ehrlich, Paul & H. Raven, Peter. // Evolution. —1964. — 18. — P. 586-608. 10.2307/2406212.
28. Extrapolation // The free encyclopedia «Wikipedia» [Електронний ресурс]: [ Веб сторінка]. — Електронні дані. — Режим доступу до журн. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Extrapolation>
29. Fazidah A, Siregar Forecasting dengue hemorrhagic fever cases using ARIMA model: a case study in Asahan district/ Fazidah A Siregar, Tri Makmur and S Saprin // 4th International Conference on Operational Research (InteriOR). Series: Materials Science and Engineering 300 (2018) 012032 — doi:10.1088/1757-899X/300/1/012032
30. Geisser P.H. Topics in route-regression analysis / P.H. Geisser, J.R. Sauer // Survey designs and statistical methods for the estimation of avian populations trends. - Washington: U.S. Fish and Wildlife service. — 1990. — P. 85—97.
31. Hurvich, C. M. & Tsai, C. L. Regression and time series model selection in small samples./ Hurvich, C. M. & Tsai, C. L. // Biometrika. — 1989. — 76. — P.297—307.
32. James F.C. Methodological issues in the estimation of trends in bird populati ons with an example: the pine warbler / F.C. James, C.E. Mc Culloch. / Distribution, monitoring and ecological aspects of birds . — Voorburg: Heerlen and Sovon, 1994. — 75 p.
33. Kendall M.G. Time series (3rd Ed.) / M.G. Kendall, J.K. Ord.- London: Griffin, 1990. P. 42—46.
34. Mekparyup J. and Saithanu K. , A Seasonal ARIMA Model For Forecasting The Dengue Hemorrhagic Fever Patients In Rayong, Thailand / J. Mekparyup and K. Saithanu // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. — 2015. — Volume 11, (2). — P. 175—181
35. Morariu N. A neuralnetworkmodelfortimeseriesforecasting / Morariu N., Iancu E., Vlad S. // Romanian Journal of EconomicForecasting. — 2009. — No. 4. — P. 213—223.
36. Norizan M. Short Term Load Forecasting Using Double Seasonal ARIMA Model/ Norizan M., Maizah Hura A., Zuhaimy I. // Regional Conferenceon Statistical Sciences, Malaysia, Kelantan. — 2010. — P. 57 — 73.

37. *Siriwan Wongkoon* Development of temporal modeling for prediction of dengue infection in Northeastern Thailand / *Siriwan Wongkoon*, *Mullica Jaroensutasinee*, *Krisanadej Jaroensutasinee* // *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. — 2012. — Vol. 5, (3). — P. 249—252
38. *Yurtsever S.* What colour of flowers do Lepidoptera prefer for foraging? / *Yurtsever S.*, *Okyar Z.*, *Guler N.* // *Biologia* — 2010. — Vol. 65, № 6. — P. 1049—1056.

*I. M. Grod, L. O. Shevchik, N. Ya. Kravets*

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

Horbachevsky Ternopil State Medical University, Ukraine

#### THE USE OF COMPUTER MODELING FOR THE PREDICTION OF THE DYNAMICS OF INSECT-ANTHOPHILIAN POPULATIONS

The paper describes the algorithm for constructing ARIMA based on the Box-Jenkins prediction method. The analysis of long-term observation series is one of the main tasks of environmental monitoring. In environmental monitoring programs, an important place is given to the development of methods for modeling population dynamics, as well as exploring the possibilities to assess the state of ecosystems, communities and populations according to the peculiarities of variation in abundance. The most accessible integral characteristic of populations is abundance species, with which many other parameters are closely related.

To test the model, a short-term prediction of the number of anthophilous insects in the dry meadows of West Podillia was used. For each combination of parameters, the SARIMAX function from the statsmodels module is used, which selects the seasonal ARIMA model and assesses its overall quality. In this paper, we tried to predict the population size under conditions of uneven distribution of species and resources, as well as conduct a numerical study of possible scenarios for the existence of a species in a given time interval (2000 - 2017 years).

A description of the criteria used to create the optimal model and verify its correct operation. Considerable attention is paid to the implementation of the time series algorithm using the Python 3 programming language. Seasonal ARIMA (p, d, q) (P, D, Q) s is used to take into account seasonality. Here (p, d, q) are the non-seasonal parameters described above, and (P, D, Q) are similar parameters applied to the seasonal component of the time series. The parameter s determines the frequency of the time series.

The main thing in the selection of time series data in the seasonal ARIMA model is to find the ARIMA value (p, d, q) (P, D, Q) s, which select the best parameter.

The ARIMA model based on archival data can be an important tool for monitoring and predicting biodiversity of both insects and plants in areas with similar abiotic and biotic factors.

*Key words: anthophilous insects, entomophilous plants, population, time series, ARIMA model, prediction, SARIMAX function*

Рекомендує до друку

В. В. Грубінко

Надійшла 04.10.2018

УДК 581.132: 58.035: 633.11

Г. Б. ГУЛЯЄВА

Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного Національної академії наук України  
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ - 143, 03143

## **ФОТОХІМІЧНА АКТИВНІСТЬ І ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ ЗА ДІЇ ГУМУСОУТВОРЮЮЧИХ МІКРООРГАНІЗМІВ**

Встановлено, що передпосівне внесення у ґрунт консорціуму ґрунтоутворюючих мікроорганізмів у польових умовах сприяє стимуляції фотосинтетичної активності листків і накопиченню біомаси та суттєвому зростанню площі листкової поверхні і фотосинтетичного потенціалу дослідних рослин, що призводить до збільшення маси 1000 зерен за покращення функціональної активності фотосинтетичного апарату й «індексу адаптивності» рослин пшениці ярої сорту Печерянка.

*Ключові слова:* *Triticum aestivum L*, консорціум гумусоутворюючих мікроорганізмів, фотосинтетичний потенціал, продуктивність, індукція флюоресценції хлорофілу

Однією із глобальних проблем людства є проблема виснаження і деградації земельних ресурсів внаслідок значної хімізації та незбалансованого невідновного землекористування, що характерно для регіонів з інтенсивними системами сільського господарства та змін клімату [1-3]. Зміни клімату негативно впливають не тільки на біорізноманіття рослинного покриву, але й супроводять протікання негативних процесів у ґрунтах – ерозію, засолення, вилугування, втрати вуглецю і поживних елементів [2]. Ці проблеми загострюються зростаючими потребами у продуктах харчування на душу населення, оскільки за прогнозами ООН передбачається, що до 2050 р. населення земної кулі сягне 9,2 млрд, що буде відбуватиметься в основному за рахунок менш розвинутих регіонів країн та старіння населення. Важливо відмітити, у більш глобальному планетарному контексті вчені впевнені, що повернення вуглецю у колообіг шляхом повернення його у рослинну біомасу і ґрунт та відновлення таким чином вуглеводного балансу може допомогти пом'якшити зміни клімату [3, 4]. В зв'язку із чим все більше уваги приділяється дослідженню і розвитку альтернативних екологічно безпечних і ощадливих технологій у сільському господарстві та заходів спрямованих на відновлення ґрунту. Важливим у цьому напрямку є розробка технологій збереження і відродження родючого шару ґрунту із застосуванням корінних ризосферних мікроорганізмів, що потенційно здатні до фіксації біологічного азоту і екскреції гормонів росту, а також біотрансформації органічних решток і утворення гумусного шару [5-10]. Відомо що такі мікробні технології у рамках органічного землеробства практикуються більше, ніж у 30 країнах світу [8].

Проте недостатньо вивченим є вплив консорціуму корінних мікроорганізмів у ризосфері рослин на фотосинтетичну активність і фотосинтетичний потенціал посівів пшениці ярої. Тому метою нашої роботи було дослідження дії консорціуму ґрунтоутворюючих мікроорганізмів у ризосфері на фотосинтетичну активність, потенціал і продуктивність рослин пшениці ярої в умовах екстенсивної технології.

### **Матеріал і методи досліджень**

У польових дослідях рослини *Triticum aestivum L* пшениці ярої сорту Печерянка вирощували за екстенсивною технологією на дослідних ділянках ІМВ ім. Д.К. Заболотного, загальною площею 70 м<sup>2</sup>. Попередник – ячмінь.

У досліді для передпосівного внесення у ґрунт застосовували біопрепарат (БП) «Екстракон» (Україна), який складається з інокульованого у торфоподібний субстрат консорціуму ґрунтових целюлозолітичних і гетеротрофних мікроорганізмів (*Sporocytophaga mixococcoides*, *Sorangium cellulosum*, *Cellvibrio mixtus*, *Trichoderma viridae*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Bacillus subtilis*, *B. sphaericus*, *B. megaterium*, *B. pumilus*), що знаходяться у функціонально-активному стані і тісно пов'язані трофічними зв'язками.

Дослідження змін функціонального стану і активності фотосинтетичного апарату здорових й уражених рослин виконували, застосовуючи біофізичний метод індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ), фіксуючи дані портативним приладом вітчизняного виробництва «Флоратест» за загально прийнятою методикою [11-15]. Повторність вимірювань на кожному варіанті – п'ятикратна. Темнову адаптацію листків перед вимірюваннями (не менше 20 хв.) створювали, закріплюючи на листку чохол із цупкого паперу. Отриманий масив цифрових даних обчислювали у кожному варіанті і представляли у графічному вигляді так званих кривих Каутського. За визначеними на кривій точками ( $F_0$ ,  $F_{pi}$ ,  $F_p$ ,  $F_m$ ,  $F_t$ ) розраховували наступні параметри ІФХ:

величину  $F_v/F_m$  – максимальної квантової ефективності фотохімії ФСII (віддзеркалює насиченість ФСII фотохімічно активними центрами);

Індекс  $K_i$  – корелює із інтенсивністю рибулозобісфосфаткарбоксилази/оксигенази (Рубіско) або ланкою темної фіксації вуглецю ( $K_i = (F_m - F_t)/F_m$ ).  $K_i$  віддзеркалює ефективність темнових процесів фіксації вуглецю;

Індекс  $R_{fd}$  або «індекс життєстійкості», що розраховується як:  $R_{fd} = F_p - F_t/F_t$  [15–18]. У деяких дослідженнях  $R_{fd}$  називається «індексом адаптивності» [18].

Площу листового апарату визначали за здобутком довжини на ширину листка і коефіцієнта 0,67 [19]

Інтенсивність транспірації визначали методом Іванова [20]. Продуктивність транспірації ( $P$ ) визначали за кількістю органічної речовини, яка синтезувалася рослиною за випаровування 1 л води:

$$P = \frac{m}{V}$$

де  $m$  – маса накопиченої органічної речовини у грамах,  $V$  – об'єм випарованої води в літрах.

Фотосинтетичний потенціал рослин пшениці у фазу кушіння-виду в трубку визначали як добуток середньої площі листків на кількість днів активної вегетації [19]:

$$\Phi\Pi = L_{cp} \cdot T$$

де  $\Phi\Pi$  – фотосинтетичний потенціал, млн  $m^2$ га, дн.;  $L_{cp}$  – середня площа листків, тис.  $m^2$ /га;  $T$  – кількість днів активної вегетації, дні.

Статистичний аналіз проводили, використовуючи програму MS Excel.

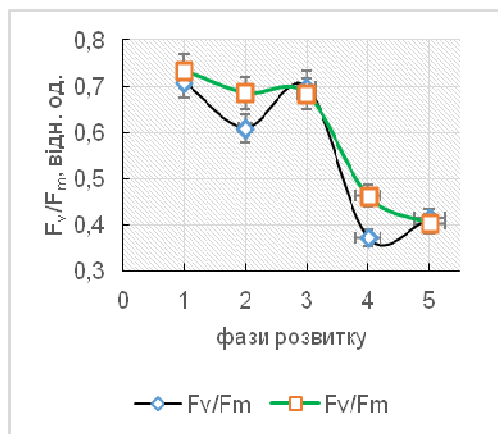
### Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз функціонального стану фотосинтетичного апарату і його фотохімічної активності проведений за змінами критичних параметрів чутливих ланок флуоресцентних кривих, що були отримані у різні фази розвитку пшениці ярої, виявив подібні тенденції динаміки змін представлених показників у листках контрольних і дослідних рослин (рис.1 а-в).

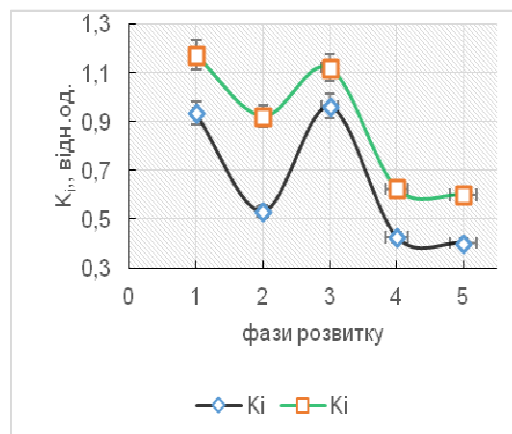
Як видно на рис. 1 (а-в) найбільші величини представлених флуоресцентних параметрів спостерігалися в період найбільш інтенсивного росту рослин – фази кушіння- початку виходу в трубку. Варто відмітити, що всі досліджувані параметри флюоресценції на протязі періоду вегетації рослин – від фази кушіння до фази колосіння-цвітіння мали більші величини у листках рослин за вмісту у ризосфері БП екстракон (див. рис.1).

Параметр  $F_v/F_m$ , який віддзеркалює максимальну ефективність фотосистеми II і характеризує насиченість фотосинтетичного апарату фотохімічно активними центрами знаходився в листках дослідних рослин у одному інтервалі величин із контролем лише у фазу трубкування і цвітіння (рис.1 а).

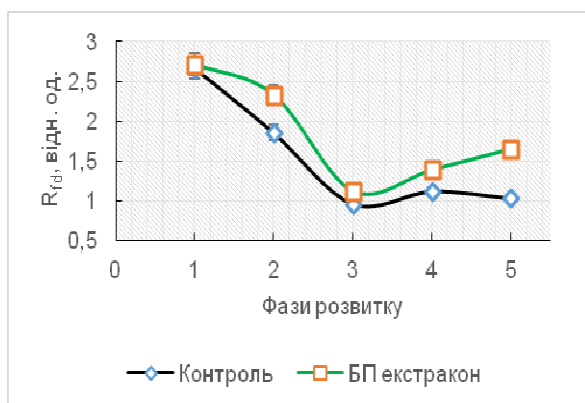
Індекс  $K_i$ , що віддзеркалює ефективність темної фіксації вуглецю мав більший рівень на протязі всього періоду вимірювань у дослідних рослин (на фоні БП екстракон) (рис.1 б). Подібним чином величина індексу «життєстійкості»  $R_{fd}$  (адаптивності) у листках рослин дослідного варіанту була більшою за контрольні рослини на протязі всього періоду досліджень.



*a*



*б*

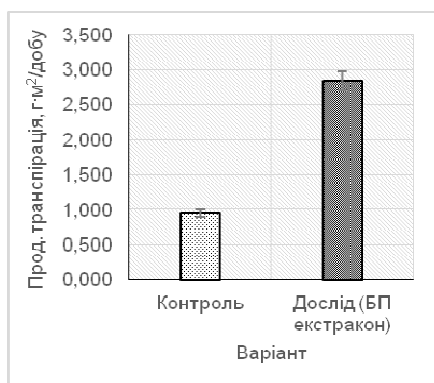


*в*

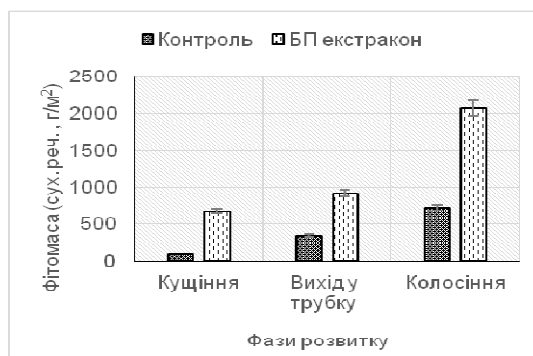
Рис.1. Зміни параметрів ІФХ (*a*-  $F_v/F_m$ , *б*-  $K_i$ , *в*-  $R_{fd}$ ) протягом вегетації у різні фенологічні фази розвитку пшениці ярої за дії БП екстракту у ризосфері рослин (1- кущіння; 2- початок виходу в трубку; 3- трубкування; 4 - колосіння; 5 - цвітіння).

Такі зміни флуоресцентних показників свідчать про суттєве поліпшення стану фотосинтетичного апарату, збільшення вмісту фотосинтетичних пігментів й зростання фотосинтетичної активності і адаптивного потенціалу рослин. Варто відмітити, що таке поліпшення функціонального стану рослин відбулося завдяки ефективній рослинно-мікробній взаємодії і вивільненню у ґрунтовий розчин доступних елементів живлення і біологічно активних речовин [5-9].

Отримані дані підтвердилися зафіксованим суттєвим зростанням продуктивної транспірації листків дослідних рослин пшениці ярої (рис 2 *a*) і біомаси сухої речовини (рис.2 *б*), що відбувалося внаслідок вищеописаного зростання рівня функціональної активності листків.



*a*



*б*

Рис. 2. Продуктивна транспірація (фаза кущіння) (*a*) і накопичення фітомаси (*б*) за дії БП екстракту у ризосфері рослин пшениці сорту Печерянка.

Важливо відмітити, що безпосередньо пов'язані із продуктивністю параметри є площа листової поверхні і фотосинтетичний потенціал посівів, що часто застосовувались багатьма дослідниками для оцінки впливу сукупності явищ і агрозаходів, зокрема застосування біологічно активних препаратів і систем живлення [21-25]. Оцінка впливу передпосівного внесення в ґрунт консорціуму гумусоутворюючих мікроорганізмів у складі БП екстракон показала суттєве майже двократне зростання цих показників (табл. 1).

Таблиця 1

Площа листової поверхні і фотосинтетичний потенціал посівів за дії БП екстракон у ризосфері рослин пшениці ярої сорту Печерянка

Варіанти	Площа листової поверхні, тис. м <sup>2</sup> /га		
	кущіння	вихід в трубку	Колосіння
Контроль (без обробки)	5,7	11,5	15,9
БП Екстракон	18,8	25,6	61,4
Фотосинтетичний потенціал, тис. м <sup>2</sup> /га			
Контроль (без обробки)	141,949	436,249	718,217
БП Екстракон	469,596	974,002	2763,549

Аналіз такого важливого елемента продуктивності пшениці як маса 1000 зерен показав його зростання на 26,3 % у рослин пшениці за дії БП екстракон у ризосфері рослин (рис. 3).

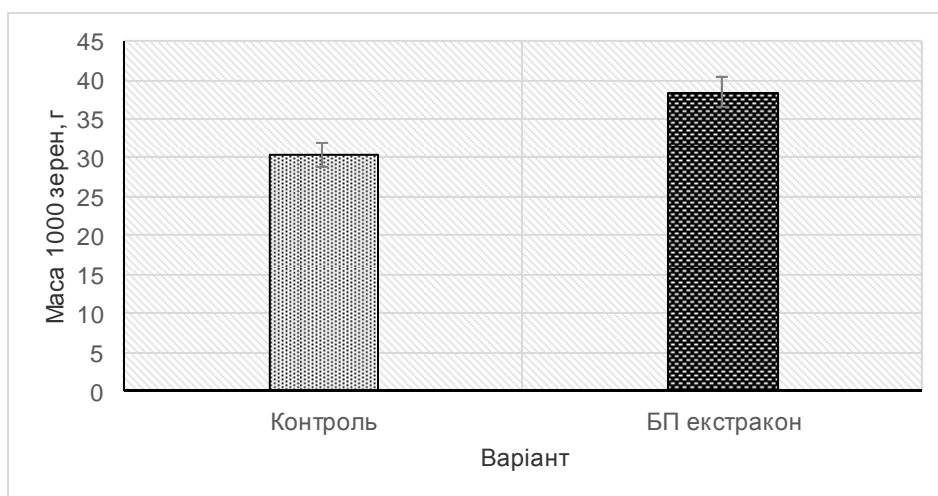


Рис. 3. Маса 1000 зерен (г) за дії БП екстракон у ризосфері рослин пшениці ярої сорту Печерянка.

### Висновки

Отже, передпосівне внесення у ґрунт консорціуму ґрунтоутворюючих мікроорганізмів у складі БП екстракон сприяє стимуляції фотосинтетичної активності листків і накопиченню біомаси та суттєвому зростанню площі листової поверхні і фотосинтетичного потенціалу дослідних рослин, що призводить до збільшення маси 1000 зерен за покращення функціональної активності фотосинтетичного апарату й «індексу адаптивності» рослин пшениці ярої.



1. Environmentally Friendly Technologies for Agricultural Produce Quality/ ed. B. Y. Shimshon. — USA.:CRC Press, 2005. — 552 p.
2. FAO and ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) — Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy, 2015.— 608 p.
3. Montanarella L., Pennock D. J., McKenzie N. et al. World's soils are under threat/ L. Montanarella, D. J. Pennock, N. McKenzie [ et al.]/ Soil. — 2016. — № 2. — P. 79—82, [www.soil-journal.net/2/79/2016/](http://www.soil-journal.net/2/79/2016/) doi: 10.5194/soil-2-79-2016
4. Averett N. Healthy Ground, Healthy Atmosphere: Recarbonizing the Earth's Soils/ N. Averett // Environ Health Perspect. — 2016. — 124 (2). — A30—35. doi: 10.1289/ehp.124-A30
5. Гадзало Я.М. Агробиологія ризосфери рослин/ Я.М. Гадзало, Н.В. Патыка, А.С. Заришняк. — Київ: Аграрна наука, 2015. — 386 с.
6. Pan I. Composting of common organic wastes using microbial inoculants. Biotech/ I. Pan, B. Dam, S. K. Sen. — 2012. — 2 (2). — 127—134. doi: 10.1007/s13205-
7. Patyka N.V. Rhizospheric trophic chain: the role and stability in soil processes and ecosystems/ Patyka N.V., Bublik N.A., Patyka T.I., Kitaev O.I. // Вестн. Волгоград. Гос. Ун-та. — 2014. — Сер. 10. — № 5 (14). — С. 62—67.
8. Kumar B. L. Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment/ B. L. Kumar, D. V. R. Sai Gopal // Biotech. — 2015. — 5 (6). — P. 867—876. doi: 10.1007/s13205-015-0293-6
9. Rashid M.I. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils/ M.I. Rashid, L.H. Mujawar, T. Shahzad, T. Almeelbi, I.M. Ismail, M. Oves // Microbiol Res. — 2016. — 183. — P. 26-41. doi: 10.1016/j.micres.2015.11.007.
10. Mahanty T. Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development/ T. Mahanty, S. Bhattacharjee, M. Goswami, P. Bhattacharyya, B. Das, A. Ghosh, P. Tribedi // Environ Sci Pollut Res Int. 2017— 24 (4). — P.3315-3335. doi: 10.1007/s11356-016-8104-0.
11. Брайон О.В. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу: Методичні вказівки для студентів біологічного факультету/ О.В. Брайон, Д.Ю. Корнеєв, О.О. Снегур, О.І. Китаєв. — К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2000. — 15 с.
12. Портативний флуорометр «Флоротест»: настанова з експлуатації. — Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, 2013. — 24 с.
13. Корнеєв Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла / Д.Ю. Корнеєв. — Київ: Альтерпрес, 2002. — 191 с.
14. Stirbet A. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. / A. Stirbet, Govindjee. // J. Photochem. and Photobiol. In: Biology. — 2011. — 104. — (1-2). — P. 236—257. doi:10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010.
15. Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis/ ed. Papageorgiou GC, Govindjee. — Netherlands: Springer, 2004. — 793 p. <http://www.springer.com/gp/book/9781402032172#>
16. Nesterenko T. V. Chlorophyll Fluorescence as an Indicator of Age Dependent Changes in Photosynthetic Apparatus of Wheat Leaves/ T. V. Nesterenko, V. N. Shikhov, A. A. Tikhomirov // Russ J Plant Physiol. — 2015. — 62. — 307 p. <https://doi.org/10.1134/S1021443715020144>
17. Pandey J. K. Laser-induced chlorophyll fluorescence and reflectance spectroscopy of cadmium treated *Triticum aestivum* L. / J. K. Pandey, R.Gopal// Plants Spectroscopy. — 2011. — 26. — P. 129—139 <http://dx.doi.org/10.3233/SPE-2011-0530>
18. Євтушенко Ю.В. Діагностика функціонального стану фотосинтетичного апарату *Aesculus carnea* наупе методом індукції флуоресценції хлорофілу / Ю. В. Євтушенко, С. Б. Ковалевський, О. І. Китаєв // Лісове і садово-паркове господарство. — 2016. — № 10. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgos\\_2016\\_10\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgos_2016_10_5)
19. Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії/ [В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, П.В. Костогряз, В.П. Опришко]; за ред. Єщенко В.О. — Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. — 332 с.
20. Городній М.М. Агрохімічний аналіз: підручник/ [М.М. Городній, А.П. Лісовал, А.В. Бикін та ін.]; за ред. М.М. Городнього. — [2-ге видання]. — К.: Арістей, 2005. — 476 с.
21. Антал Т.В. Площа листової поверхні та фотосинтетична діяльність посівів пшениці твердої ярої / Т. В. Антал // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Агрономія. — 2013. — Вип. 183(2). — С. 25—28.
22. Грицаєнко З.М. Інтенсивність дихання рослин і продуктивність фотосинтезу пшениці ярої залежно від дії гербіциду і рістрегулятора / З. М. Грицаєнко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — 2010. — № 2. — С. 21—23.

23. Свідерко М.С. Фотосинтетична продуктивність рослин озимої пшениці залежно від строків сівби й умов живлення/ М.С. Свідерко, А.М. Шувар, Л.Ю. Ткаченко, О.Ф. Тимчишин, Л.Л. Беген, М.Ю. Тимків //Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. — 2015. — Вип. 58 (II). — С. 90—97.
24. Черенков А. В. Урожайність і якість зерна озимої пшениці залежно від попередника та мінерального живлення в умовах Присивашся/ А.В. Черенков, І.І. Гасанова, І.В. Костиця, М.А. Остапенко // Бюлетень Інституту зернового господарства. — 2010. — № 38. — С. 46—51. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg\\_2010\\_38\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2010_38_11)
25. Рожков А.О. Показники фотосинтетичного потенціалу пшениці твердої ярої залежно від впливу позакоренових підживлень і способів сівби / А.О. Рожков, М.А. Бобро //Вісник ХНАУ. — 2014. — № 2. — С. 5—19.

*H. B. Huliaieva*

Institute of Microbiology and Virology NASU, Ukraine

#### PHOTOCHEMICAL ACTIVITY AND PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL OF SPRING WHEATS UNDER THE INFLUENCE OF HUMUS-FORMING MICROORGANISMS

It has been established, that presowing application of consortium of soil-forming microorganisms in the field conditions stimulation of photosynthetic activity of leaves and accumulation of biomass. This lead to significant growth of the leaf surface area and photosynthetic potential of experimental plants, and hence to an increase in the mass of 1000 grains as a result of improving the functional activity of photosynthetic apparatus of spring wheat Pecheryanka plants.

*Key words: Triticum aestivum L, consortium of humus-forming microorganisms, photosynthetic potential, chlorophyll a fluorescence induction, productivity*

Рекомендує до друку  
В. В. Грубінко

Надійшла 18.07.2018

УДК 591.05: 597.556. 331.1(591.11:591.044)

Ю. О. КОВАЛЕНКО\*, О. С. ПОТРОХОВ, О. Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ

Інститут гідробіології НАН України  
пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210

### **ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ ГІРЧАКА ЗВИЧАЙНОГО НА ХРОНІЧНУ ДІЮ КАЛІЮ ДИХРОМАТУ**

У представленій роботі наведені результати модельних експериментів з визначення особливостей токсикорезистентності гірчака до дії референтного токсиканту (калію дихромату) за біохімічними показниками, а саме вмістом кортизолу, тироксину, глюкози, активності лактатдегідрогенази, сукцинатдегідрогенази та лужної фосфатази у крові та тканинах риб. При дослідженні обрані такі концентрації калію дихромату: 2,5; 5,0; 10,0 та 20,0 мг/дм<sup>3</sup>. Встановлено, що за дії дослідженого токсиканту риби гинуть у декілька етапів: спочатку від токсичного шоку (за першу добу при концентрації 10,0 та 20,0 мг/дм<sup>3</sup>), а потім від накопичення токсиканту органами та тканинами риб (на 9-ту та 11-ту добу, при менших його концентраціях у воді). Відмічене зменшення рівня глюкози за концентрацій 2,5; 5,0 та 10,0 мг/дм<sup>3</sup> на 10, 7 та 3%, що пов'язано з її інтенсивним використанням як легкодоступної енергоємної сполуки. Проте, за максимальної концентрації токсиканту (20,0 мг/дм<sup>3</sup>) рівень глюкози зростає щодо до контролю на 18%. Також за концентрації калію дихромату 2,5; 5,0; 10,0 та 20,0 мг/дм<sup>3</sup> збільшується рівень кортизолу у плазмі крові у 1,4; 1,79; 2,0 та 1,8 разів. Разом з тим вміст тироксину у всіх піддослідних групах істотно не змінювався. Найвища

активність ферментів енергетичного обміну (ЛДГ та СДГ) була у зябрах, печінці, а потім – у м'язах. Результати досліджень показали, що дія калію дихромату в концентрації 5,0; 10,0 та 20,0 мг/дм<sup>3</sup> знижує активність лужної фосфатази у органах та тканинах, що свідчить про інгібування фосфорилування. При сублетальній концентрації токсиканту (2,5 мг/дм<sup>3</sup>) встановлено зростання її активності на 18% щодо контролю. Отже, за найбільшої концентрації (20,0 мг/дм<sup>3</sup>) фіксувалася найменша кількість особин, які вижили, порівняно із особинами інших дослідних груп. Проте, у цих риб більшість біохімічних показників була близькою до контрольних значень за винятком активності лужної фосфатази. Її активність у цій групі найменша, що може свідчити про високий адаптаційний потенціал цього виду риб до калію дихромату. Отримані результати свідчать про можливість існування гірчака антропогенно забруднених у водоймах, а зміна досліджених показників свідчить про різні способи адаптації риб до токсичного навантаження.

*Ключові слова:* гірчак, калію дихромат, кортизол, глюкоза, тироксин, активність лактатдегідрогенази, сукцинатдегідрогенази, лужної фосфатази, адаптація

**Вступ.** Відомо, що антропогенне забруднення водойм супроводжуються значною загибеллю гідробіонтів, зокрема риб. Проте, певна кількість особин може пристосуватися до цих умов на фізіолого-біохімічному рівні. В подальшому такі риби можуть дати життєздатне потомство, яке з часом призведе до змін структури та чисельності іхтіофауни.

Дослідження специфіки пристосувальних реакцій до токсичних навантажень становить особливий інтерес, адже розуміння меж адаптивних можливостей аборигенних видів риб, їх здатності до відновлення основних функцій життєдіяльності, призводить до формування нових поколінь, які вже матимуть необхідні ознаки для виживання за екстремальних умов навколишнього середовища.

Оскільки у природі завжди діє комплекс факторів, що утруднює вивчення особливостей організму за дії тих окремих чинників, тому токсикологічні дослідження дають змогу ґрунтовно підходити до вирішення питань формування життєздатних поколінь риб.

Дихромат калію є одним із найбільш досліджених референтних токсикантів, які використовуються у іхтіологічних та гідробіологічних експериментах. Наслідки його впливу добре вивчені на іхтіологічних об'єктах. За дії калію дихромату пошкоджується зябровий епітелій риб, порушується осморегуляція, змінюється кров'яний тиск тощо (Krejčí R., Palíková M., 2006). Дихромат калію вважають токсичним через його високий окисний потенціал і здатність до проникнення через клітинні мембрани. Гострі отруєння сполуками хрому здійснюються через слизовий епітелій і викликають пошкодження зябер риб, що призводить до летальних наслідків (Authman M.M.N., Zaki M.S. et al., 2015). Відомо, що переважна кількість токсикантів, зокрема важкі метали, викликають у риб стрес. Враховуючи величезне біологічне розноманіття риб відмічена неоднорідність їх реакції на стрес, що викликано, перш за все, фізіолого-біохімічними особливостями у представників конкретних видів.

Одними з головних індикаторів наявності стресу є вміст кортизолу та глюкози у плазмі крові. Саме за змінами цих показників оцінюють рівень хімічного стресу у водяних тварин (Sopinka M.N., Donaldson M.R. et al., 2016; Larsen D.A and al., 1998).

Істотне значення в адаптаційних процесах має тироксин, який регулює активність перебігу метаболічних процесів (Martinez-Porchas M. and al., 2009; Yamano K., 2009).

Крім того, процеси пристосування риб до токсичного навантаження здійснюються за участю низки ферментів, зокрема енергетичного (сукцинатдегідрогеназа та лактатдегідрогеназа) та фосфорного (лужна фосфатаза) обмінів. Саме зміна їх активності відображає фізіологічний стан риб, а також часто застосовується при проведенні екологічного моніторингу водойм (Sastru K.V., Sunita K.M., 1983; Parveen Sh., Bharose R. et al. 2017).

**Мета роботи.** Дослідити резистентність гірчака європейського *Rhodeus sericeus* (Pallas) до дії сублетальних та летальних концентрацій калію дихромату, оцінити спрямованість адаптаційних процесів на вплив токсиканту за біохімічними показниками.

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України. Біологічним об'єктом був гірчак звичайний (*Rhodeus sericeus* Pallas) віком 2+. Риб утримували в акваріумах 35 особин/30 дм<sup>3</sup>. Перед початком експерименту гірчака аклімували до наявних умов впродовж 3-х діб. Після цього вносили калію дихромат до досягнення його концентрації 2,5; 5,0; 10,0; 20,0 мг/дм<sup>3</sup>. Експозиція риб в розчинах токсиканту тривала 14 діб за стабільної температури води 19-20 С і концентрації розчиненого кисню вище за 5,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Після закінчення експерименту кров із серця риб відбирали, використовуючи гепаринізований шприц, після чого для виділення плазми кров центрифугували упродовж 15 хв при 3000 об./хв., та зберігали при температурі -22 С.

У плазмі крові визначали вміст глюкози глюкозооксидазним методом з використанням стандартних комерційних наборів («Філісіт-Діагностика», Україна), вміст кортизолу та тироксину визначали імуноферментним методом з використанням наборів реагентів «ДС-ИФА-Стероид-Кортизол» (Наукове-виробниче об'єднання «Діагностичні системи», Росія), тироксин – «Т4-ИФА» (Науково-виробнича лабораторія «Гранум», Україна). Активність лактатдегідрогенази та лужної фосфатази встановлювали з використанням стандартних наборів «ЛДГ» та «Лужна фосфатаза» («Філісіт-Діагностика», Україна). Активність сукцинатдегідрогенази визначали за методом Вексея (Методы биохимических исследований: липидный и энергетический обмен, 1982).

Цифрові дані обробляли статистично з використанням програм Statistica. 10, програм Exel із пакету Microsoft Office та Epa probit analysis program used for calculating LC/EC values (Version 1.5).

### Результати досліджень та їх обговорення

Через годину після внесення у воду акваріумів токсиканту у середніх концентраціях (5,0 та 10,0 мг/дм<sup>3</sup>) спостерігалася підвищена рухова активність риб, яку можна розцінювати як міграційний інстинкт із забрудненої зони. За концентрації токсиканту 20,0 мг/дм<sup>3</sup> риби також мали високу рухову активність, активно заковтували повітря, що свідчить про перші ознаки асфіксії.

Через 3,5 год. за меншої концентрації (2,5 мг/дм<sup>3</sup>) риби скупчувалися подалі від світла, але в цілому їх поведінка мало відрізнялась від аналогічної у особин із контрольної групи. Інтенсивність дихання риб також була на рівні показників у риб трольної групи – 78 рухів зябрової кришки за хв.

У середніх концентраціях токсиканта (5,0 та 10,0 мг/дм<sup>3</sup>) риби тримались біля поверхні води. інтенсивність їх дихання становила 91 рух зябрової кришки за хв., що можна розцінювати як перші ознаки гіпоксії.

За найбільшої концентрації калію дихромату (20 мг/дм<sup>3</sup>) риби активно заковтували повітря, інтенсивність дихання збільшилась і становила 104 рухи зябрової кришки/хв. У окремих особин були відмічені чорні плями вздовж всієї поверхні тіла. В особин спостерігали почервоніння очей, що пов'язаним із збільшенням артеріального тиску.

На 8-му год. після початку експерименту за концентрації 20,0 мг/дм<sup>3</sup> окремі риби гинули (рис. 1). Проте, на 72 год. експозиції в розчині токсиканту загибелі риб не зафіксовано. Особини, що вижили, мали сповільнені реакції на зовнішні подразники, інтенсивність дихання зменшилась до 93 рухів зябрової кришки за хв., а загальна виживаність риб в цей час становила 9 %.

За концентрації токсиканту 10,0 мг/дм<sup>3</sup> перша загибель наступала через 48 год., далі тривала до 72 год., після чого також припинилася. Особини що вижили, скупчувались, інтенсивно рухалися, проте повітря не заковтували, а зяброві кришки здійснювали 87 рухів за хв. З 248 по 288 годин загибель риб відновлювалась і тривала до 312 годин. На час завершення дослідження риби активні порівняно з контрольними особинами, а кількість риб, які вижили, складала 25%.

За концентрації токсиканту  $5,0 \text{ мг/дм}^3$  перший летальний випадок трапився на 240 год., подальша смертність риб тривала до 336-ї год. Вживаність становила 68%.

За найменшої концентрації калію дихромату –  $2,5 \text{ мг/дм}^3$  напочатку досліджень смертельних випадків не було зафіксовано, проте під кінець експерименту (264 год.) загинуло 5% риб, що підтверджує кумулятивний ефект токсиканту за сублетальних концентрацій.

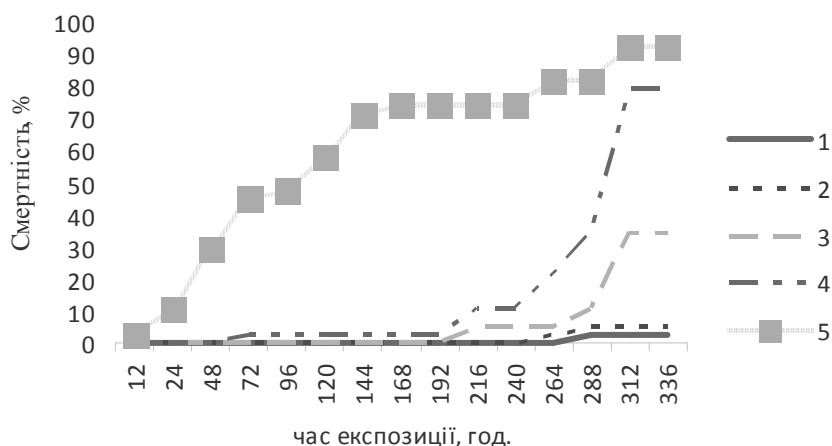


Рис. 1. Смертність гирчаків за різних концентрацій калію дихромату

Примітка: 1–Контроль; 2– $2,5 \text{ мг/дм}^3$ ; 3– $10 \text{ мг/дм}^3$ ; 4– $20 \text{ мг/дм}^3$ ; 5– $20 \text{ мг/дм}^3$

Отже, за високих концентрацій калію дихромату –  $10,0$  та  $20,0 \text{ мг/дм}^3$  досліджену вибірку гирчака можна умовно розділилась на три групи:

1. вразливі – смертність настає в короткий проміжок часу внаслідок токсичного стресу;
2. міцні – загибель настає від акумуляції токсиканту організмом риб і летальна дія настає на 8-9 доби після надходження токсиканту;
3. стійкі, які змогли адаптуватись до заданих умов.

Згідно з нашими дослідженнями  $LC_{50}$  для гирчака звичайного на 216 год. становить  $14,5 \text{ мг/дм}^3$ ; на 264 год. –  $12,3 \text{ мг/дм}^3$ ; на 312 год. –  $6,4 \text{ мг/дм}^3$  (рис. 2). Це свідчить про те, що напівлетальна концентрація калію дихромату для гирчака зменшується відповідно до тривалості перебування в токсичному середовищі

За результатами біохімічних досліджень встановлено, що за концентрації калію дихромату  $2,5$ ;  $5,0$ ;  $10,0$  та  $20,0 \text{ мг/дм}^3$  вміст кортизолу в плазмі крові гирчака зростає щодо контролю в  $1,4$ ;  $1,79$ ;  $2,0$  та  $1,8$  рази відповідно. Це свідчить про стресову реакцію риб на дію токсиканту. Відомо, що кортизол бере участь у розвитку спочатку стресових, а, згодом, адаптивних реакцій організму. Також він стимулює синтез глюкози та бере участь в регулюванні вуглеводного обміну у напрямку збереження/заощадження енергетичних ресурсів (Martinez-Porchas M., and al., 2009)

Разом з тим, за концентрацій токсиканту  $2,5$ ;  $5,0$  та  $10,0 \text{ мг/дм}^3$  вміст глюкози в плазмі крові риб зменшується на  $10$ ,  $7$  та  $3,0$  % відповідно, а за найбільшій концентрації ( $20,0 \text{ мг/дм}^3$ ) її вміст зростає на  $18\%$  щодо контролю. Це може бути пов'язано з тим, що в міру зростання концентрації калію дихромату відбувається перехід на використання інших енергетичних сполук, зокрема білків та ліпідів. До того ж, в літературі зазначається, що за хронічного впливу калію дихромату (60 діб), істотних змін у вмісті глюкози у плазмі крові риб (плямистий змієголов) не спостерігалось (Sastry K.V., Sunita K. M., 1983)

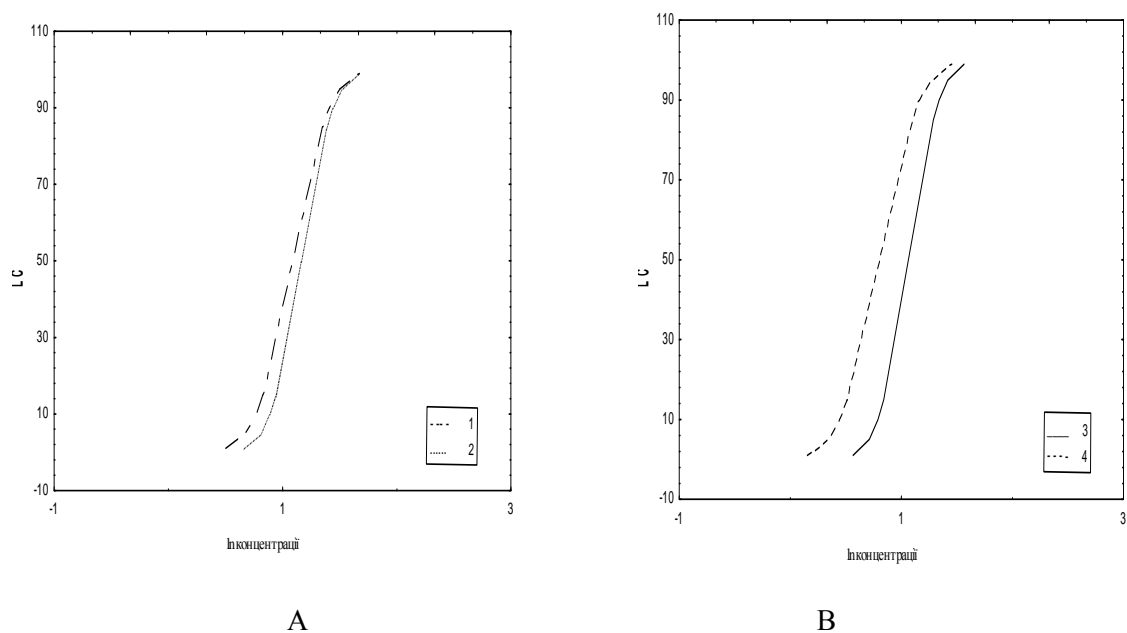


Рис. 2. Пробіт-аналіз загибелі гірчака звичайного залежно від концентрації калію дихромату: 1 – 216 год; 2 – 264 год.; 3 – 288 год.; 4 – 312 год.

Вміст тироксину у плазмі крові гірчака за найменшої концентрації калію дихромату залишається на рівні контрольних значень, однак з підвищенням концентрації токсиканту (5,0 та 10,0 мг/дм<sup>3</sup>) його вміст на 3% а за концентрації 20,0 мг/дм<sup>3</sup> – на 6 % зменшується. Однак, це зменшення було в межах статистичної похибки дослідження і може свідчити про те, що за 14 діб дихромат калію суттєво не вплинув на перебіг загального метаболізму риб (Рис. 3).

Варто зазначити, що отримана закономірність змін фізіологічного стану риб за показниками вмісту глюкози, тироксину та кортизолу дещо схожі з результатами інших досліджень дії калію дихромату на види хижих риб, зокрема окуня та йоржа (Причепка М.В., Потрохов О.С. та ін., 2014). Проте, на відміну від наших результатів, згаданими авторами було встановлено значне зниження вмісту тироксину у плазмі крові, що могло бути зумовлено міжвидовими відмінностями у активності протікання метаболічних реакцій у гірчака (фітофага) та окуневих (хижаків) риб, які мають активніший обмін речовин.

Також нами було встановлено, що за біохімічними показниками в максимально екстремальних умовах процес відбору стійких особин пришвидшився порівняно з рибами із сублетальних концентрацій токсиканту. В цих умовах залишаються лише ті особини, які перейшли від фази стресу до стадії резистентності. На користь цього висновку свідчить те, що фізіологічний стан цих риб, певною мірою, відновлюється до нормального. На протипагу цьому, у окуня та йоржа за максимальної концентрації калію дихромату (12,5 мг/дм<sup>3</sup>) ці показники мали менші значення щодо контролю, що може бути пов'язано як із різницею в максимальних концентраціях, а, отже, і зі швидкістю відбору життєздатних особин, так й з різницею тривалості експозиції риб (96 год.) (Причепка М.В., Потрохов О.С., та ін., 2014). Також отримані нами результати свідчать про те, що коропові риби (гірчак), здатні досить швидко пристосовуватись до мінливого середовища. Можливо цьому сприяє значна екологічна пластичність виду та висока чисельність особин у місцях розповсюдження, що дозволяє у разі необхідності забезпечити достатню кількість опірних до конкретних негативних чинників особин. Загалом, за сублетальних концентрацій калію дихромату у гірчака, окуня та йорша спостерігається схожа реакція на дію токсиканту за дослідженими показниками (Причепка М. В., Потрохов О. С., та ін., 2014).

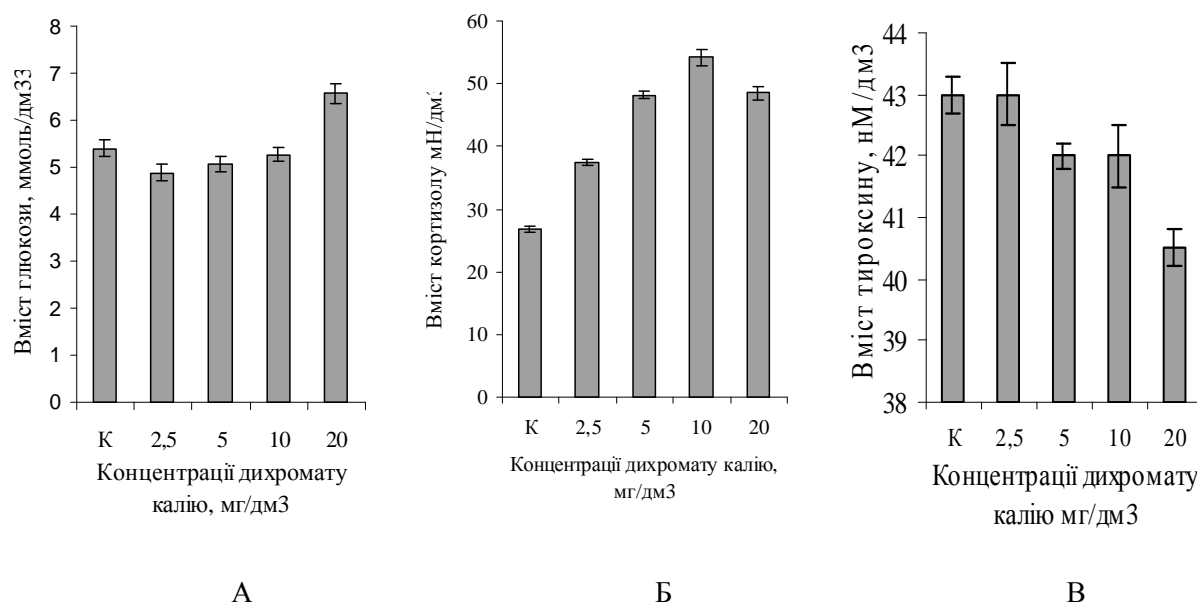


Рис. 3. Вміст котиртизолу (А); глюкози (Б); тироксину (В) в плазмі крові гірчака за дії калію дихромату ( $M \pm m = n-5-8$ ).

Примітка: К – контроль.

Активність ЛДГ у м'язах риб з усіх піддослідних груп зросла на 39; 38; 36 та 19% щодо контролю, що ймовірно пов'язано з розвитком гіпоксії у риб за дії токсиканту. Активність СДГ у м'язах за дії найбільшої і найменшої концентрацій (2,5 та 20,0 мг/дм<sup>3</sup>) наближена до контрольних значень, хоча за концентрації 5,0 мг/дм<sup>3</sup> активність цього ферменту знижується на 10%, а за 10,0 мг/дм<sup>3</sup> зростає на 41% відповідно щодо контролю.

У з'ябрах активність ЛДГ та СДГ збільшилась на 43,4; 41,0; 37,3% та на 22,0; 39,0; 40,3% відповідно концентраціям: 2,5; 5,0; 10,0 мг/дм<sup>3</sup> щодо контролю. Це може свідчити про інтенсивне навантаження респіраторного апарату в піддослідних риб, що супроводжується пришвидшенням циклу Кребса та переходом на гліколіз задля отримання більшої кількості енергії.

Однак, за концентрації 20 мг/дм<sup>3</sup> активність СДГ знижується на 44%, а ЛДГ на 4% щодо контролю, що співпадає зі зменшенням інтенсивності дихальних рухів у цій групі риб під час звершення експерименту. Можливо це пов'язано з тим, що відбулось гальмування циклу трикарбонових кислот. Зазвичай в такому разі постачання енергії відбувається шляхом гліколізу, проте активність ЛДГ знаходиться майже на рівні контрольних значень, що можливо пов'язано із поверненням організму на аеробну гілку енергозабезпечення або залученням компенсаторних механізмів на цьому етапі інтоксикації.

У тканинах печінки відбувається зниження активності СДГ на 60,7; 51 та 27,4% (за концентрацій 5,0; 10,0 та 20,0 мг/дм<sup>3</sup>) щодо контролю, та зростання активності ЛДГ на 32,5; 55,0; 51,0% (за концентрацій 2,5; 5,0 та 10,0 мг/дм<sup>3</sup>) щодо контролю. Це свідчить про необхідність залучення більшої кількості енергії у пристосувальних процесах. Крім того відомо, що процеси детоксикації є енерговитратними, що спричиняють суттєві зміни у активності ферментів енергетичного обміну. Проте за найвищої концентрації спостерігається зменшення активності ЛДГ у 3,5 раза щодо контролю.

Отримані нами результати щодо активності ЛДГ співвідносяться з літературними даними (Sastry K.V., Sunita K.M., 1983), в яких найвища активність цього ферменту була зафіксована у з'ябрах гірчака. Крім того іншими дослідниками було встановлено тенденцію до накопичення хрому в білих м'язах риб (Aslam S., Yousafzai A.M., 2017)

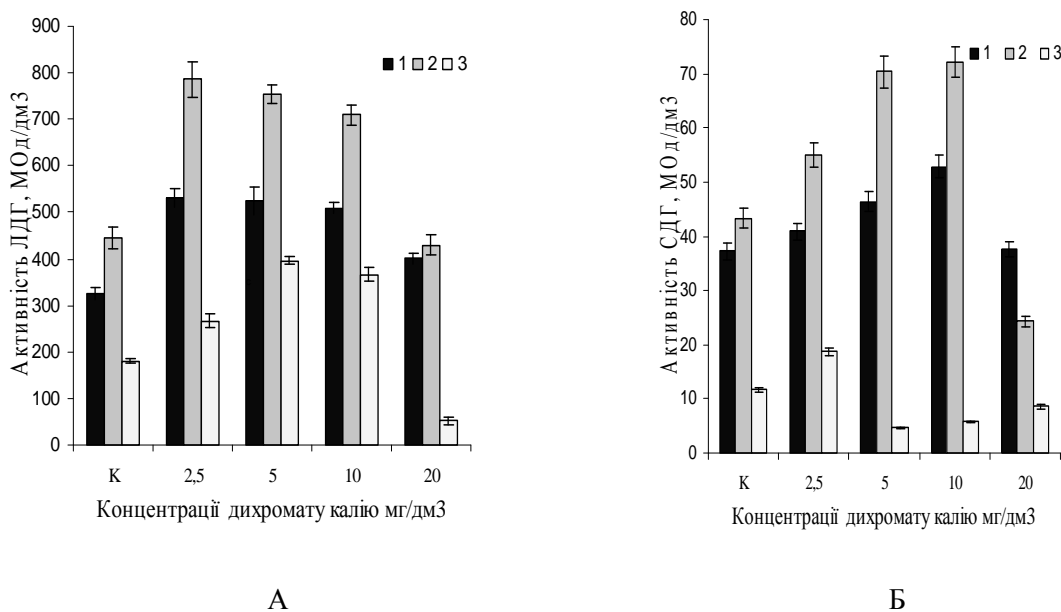


Рис. 4. Активність лактатдегідрогенази (А); сукцинатдегідрогенази (Б) у тканинах гірчака звичайного за дії калію дихромату, ( $M \pm m$ ,  $n=5-8$ ).

Примітка: 1 – м'язи; 2 – зябра; 3 – печінка, К – контроль.

Відомо, що активність ЛФ у тканинах риб істотно змінюється при надходженні токсикантів у водне середовище, тому цей показник використовують як надійний індикатор хімічного стресу (Ramesh M., 1994). Встановлено, що активність лужної фосфатази (ЛФ), у гірчака за концентрацій 2,5; 5,0; 10,0 та 20,0 мг/дм<sup>3</sup> калію дихромату знижується у м'язах на 8,0; 22,5% та 5,0 і 5,1 рази відповідно, у печінці – в 3,9; 4,0; 3,0 та 2,0 щодо контролю. Насамперед, значне зниження активності цього ферменту за найвищої концентрації калію дихромату у тканинах печінки може свідчити про суттєві енерговитратні процеси і послаблення метаболічних реакцій у цьому органі у післястресовому стані. Крім того, зниження активності ЛФ може бути пов'язано з накопиченням у тканинах калію дихромату, що може безпосередньо порушувати сам синтез цього ферменту, як за дії накопичення в тканинах важких металів (Roy S.S., 2002). Одна з реакцій риб на дію токсикантів виявляється у інгібуванні активності ЛФ, що може бути наслідком активної гідратації тканин через порушення електролітичного балансу (Anderson T, Forlin, L, et al., 2002). Можливо саме це й відбувалось у тканинах м'язів та печінки за найвищої концентрації дослідженого токсиканту.

У зябрах за найменшої концентрації відбулось збільшення активності ЛФ на 18%, проте зі збільшенням концентрації токсиканту прослідковується зменшення її активності на 7; 27% та 2,8 рази при концентраціях калію дихромату 5,0; 10,0; 20,0 мг/дм<sup>3</sup> щодо контролю. Це свідчить про те послаблення процесів фосфорилування, що може призводити до зниження синтезу й прискорення розпаду енергоємних сполук (Palanisamy P., Sasikala G. et al. 2012).

Отримані нами результати співставляються з літературними даними щодо активності ЛФ за дії калію дихромату у інших видів риб, зокрема форелі, морського окуня європейського (Boge G., N'Diaye P. et al. 1988), сома (Palanisamy P., Sasikala G. et al., 2012), та гамбузії (Virak S., Sharma A., 2003), що свідчить про однотипність реакцій риб не залежно від їхньої видової приналежності.



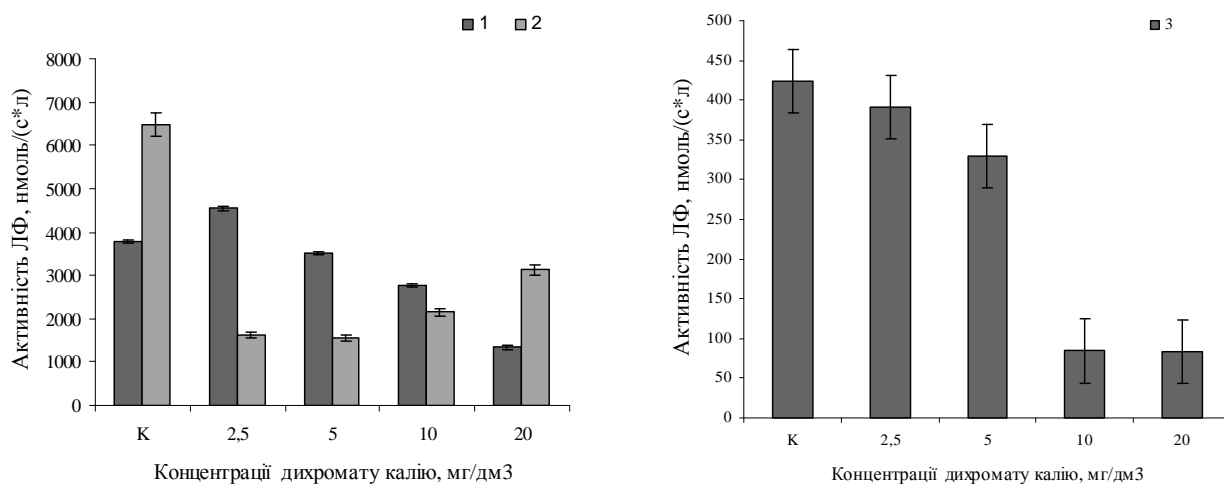


Рис. 5. Активність лужної фосфатази у зябрах (1), печінці (2), та м'язах (3) гірчака звичайного за дії калію дихромату (M+m, n=5–8)

### Висновки

Згідно з результатами досліджень калію дихромат є токсичним для гірчака, за дії якого риби намагаючись уникати токсично-навантаженого середовища.

Перші ознаки отруєння проявляються вже на четверту годину після дії токсиканту, особливо, за найбільшої його концентрації (20,0 мг/дм<sup>3</sup>). Поведінка риб у середовищі з 2,5 мг/дм<sup>3</sup> калію дихромату майже не відрізнялася від риб контрольної групи. Однак, біохімічні показники у цих риб змінилися щодо риб контролю. Встановлено, зменшення вмісту глюкози за концентрацій 2,5; 5,0 та 10,0 мг/дм<sup>3</sup> на 10, 7 та 3%. Також виявлено істотне збільшення вмісту кортизолу у плазмі крові в 1,4; 1,79; 2,0 рази за дії токсиканту відповідно при 2,5; 5,0; 10,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Вміст тироксину у плазмі крові всіх піддослідних групах гірчака залишився майже незмінним, що свідчить про незмінність метаболізму за участі тиреоїдних гормонів у піддослідних гірчаків.

Збільшення вмісту кортизолу у крові посилює активність ферментів енергетичного обмін, що свідчить про залучення додаткової енергії для підтримки нормального функціонування органів і тканин за токсичних умов. Зміни активності ЛФ свідчать про виснаження організму унаслідок процесів нормалізування метаболізму.

За найбільшої концентрації калію дихромату спостерігалася найбільша смертність риб. Проте особини, які вижили, характеризувалися тим, що більшість показників їх фізіологічного стану наближалися до контрольних значень. Винятком була активність лужної фосфатази, яка була найменшою порівняно з іншими піддослідними рибами.

Отже, отримані результати свідчать про високі токсикорезистентні резерви організму гірчака звичайного до дії летальних та сублетальних концентрацій калію дихромату. Проте пристосувальна здатність та адаптивні реакції гірчака європейського потребують подальших досліджень.

1. Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен). – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1982. 272 с.
2. Причепя М.В. Метаболічні стрес-реакції в окуня *Perca fluviatilis L.* та йоржа *Gumnocephalus cernua L.* за дії фенолу та біхромату калію / М.В. Причепя., О.С. Потрохов., О.Г. Зіньковський. – Тернопіль. : Наукові записки Тернопільського нац. пед. університету імені В. Гнатюка. Сер. Біологія. 2014. № 1 (58). С. 44–50.
3. Anderson T. Physiological disturbances in fish living in coastal water polluted with bleached Kraft pulp mill effluents / T. Anderson., L. Forlin., J. Hardig., A J. Larsson. – Canada.: Fish Aquat. Sci. 1988. V.45. Issue 9. P. 1525–1536.

4. Authman M.M.N. Use of Fish as Bio-indicator of the Effects of Heavy Metals Pollution / M.M.N. Authman., M.S. Zaki., A. Khallaf Elsayed., Abbas H. Hossam. – J. Aquac Res Development. 2015. V. 6, 4: P. 328–341.
5. Aslam S. Chromium toxicity in fish: A review article / S. Aslam., A. M. Yousafzai. – Ksukuba.: J. Entomology and Zoology Studies. 2017.V. 5. Issue 3: P. 1483–1488.
6. Boge G. Effects of hexavalent chromium at non-lethal concentrations on the enzymology of the intestine of *Salmo gairdneri* and *Dicentrarchus labrax* (Pisces) / G. Boge., P. N'Diaye., H. Roche., G J. Parish.: Peres. Physiologie. 1988. V. 83. Issue 2: P. 57–63.
7. Krejčí R. Potassium Dichromate as Reference Substance for Embryonic Tests of Toxicity in the Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) / R. Krejčí., M. J. Palíková. – Brno.: Acta Veterinaria. 2006. V. 75. Issue 2: P. 259–263.
8. Larsen D.A. In vitro thyrotropin-releasing activity of corticotropin-releasing hormone-family peptides in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* / D.A., Larsen., P. Swanson., J.T. Dickey., J. J. Rivier. – Gen Comp Endocrinol. 1998. V. 109. Issue 2: P. 276–285.
9. Martinez-Porchas M. Cortisol and Glucose reliable indicators of fish stress? / M. Martinez-Porchas., L.R. Martinez-Cordova., R. Ramonez-Enriquez. – United States.: Pan-American J. Aquatic Sciences. 2009. V. 4. Issue 2: P. 158–178.
10. Ramesh M. Effect of vegetable factory effluent on alkaline phosphatase activity in a fresh water teleost fish *Cyprinus carpio* var. *communis* / M. Ramesh. – Indian. J. Environ. Hlth. 1994. V. 36. Issue 3: P. 192–196.
11. Roy S.S. Some toxicological aspects of chlorpyrifos to the intertidal fish *Boleophthalmus dussumieri* / S.S. Roy. – Mumbai.: PhD thesis, University of Mumbai, India 2002: P. 52–71.
12. Palanisamy P. Activity levels of phosphatases of the air-breathing catfish *Mystus cavasius* exposed to electroplating industrial effluent chromium / P. Palanisamy., G. Sasikala., D. Mallikaraj., N. Bhuvaneshwari., G. M. Natarajan. – United States.: Biology and Medicine. 2012. V. 4. Issue 2: P. 60–64.
13. Parveen Sh. Effect of tannery waste water on lactate dehydrogenase (LDH) enzyme activity of fresh water fish, *Channa punctatus* / Sh. Parveen., R. Bharose., D. Singh. – Ksukuba.: J. Entomology and Zoology Studies. 2017. V. 5. Issue 2: P. 643–647.
14. Sastry K.V. Enzymological and biochemical changes produced by chronic chromium exposure in a teleost fish, *Channa punctatus* / K.V. Sastry., K.M. Sunita. – J. Toxicology Letters. 1983. V. 16. Issue 1–2: P. 9–15.
15. Sopinka M. N. Stress indicators in fish / M. N. Sopinka., M. Donaldson., R. O'connor., C. D. Suski., S. J. Cooke. – Germany.: Fish physiology. 2016. V. 35: P. 406–462.
16. Virak S. Changes in the biochemical constituents of gills of *Cirrhinus mrigala* (Ham.) following exposure to metals / S. Virak., A. Sharma. – India.: Indian journal of fisheries. 2003. V. 50. Issue 1: P. 113–117.
17. Yamano K. The Role of Thyroid Hormone in Fish Development with Reference to Aquaculture / K. Yamano. – Japan.: Japan Agricultural Research Quarterly. 2005. V. 39. Issue 3: P. 161–168.

*Yu. O. Kovalenko, O. S. Potrokhov, O. G. Zinkovskyi*

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine

#### PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL FEATURES OF THE REACTION OF THE BITTER FUNGUS USUAL FAR CHRONIC EXPOSURE TO POTASSIUM DICHROMATE

The presented work presents the results of model experiments that are devoted to the study of the characteristics of toxic resistance, changes in the level of cortisol, thyroxine, glucose, lactate dehydrogenase, succinate dehydrogenase and alkaline phosphatase in bitter, under the action of the reference toxicant potassium dichromate. In the study, concentrations: 2.5; 5, 10 and 20 mg/dm<sup>3</sup>. It was found that with lethal concentrations pisces are killed in several stages: first from toxic shock (for the first day at a concentration of 10 and 20 mg/dm<sup>3</sup>), and then from accumulation of the toxicant by organs and tissues of pisces (on the 9th and 11th days). A decrease in glucose levels (at concentrations of 2.5, 5 and 10 mg/dm<sup>3</sup>) was also established for 10, 7 and 3%, which is associated with its intensive use as an easily accessible energy connection. However, at a maximum concentration of toxicant (20 mg / dm<sup>3</sup>) there was an increase in the control of the level of glucose by 18%. Also at concentrations of 2.5; 5, 10 and 20 mg/dm<sup>3</sup> increased the level of cortisol in 1.4; 1.79; 2.0 and 1.8 times. At the same time, the content of thyroxine in all experimental groups was insignificant decrease: at average concentrations by 3%, and at greater than 20 mg/dm<sup>3</sup> by 6% with respect to control. The highest activity of energy metabolism enzymes was observed in the gills, the

liver, and then in the muscles. The results of the studies showed that the effect of potassium dichromate (at a concentration of 5, 10 and 20 mg/dm<sup>3</sup>), in contrast, alkaline phosphatase activity was characterized by a decreased activity in organs and tissues, indicating inhibition of phosphorylation processes, although in the sublethal concentration of potassium dichromate (2,5 mg/dm<sup>3</sup>) found an increase in its activity by 18% to control. So, the smallest percentage of survivors was recorded at the highest concentration in comparison with individuals from other research groups, but in these pisces the majority of the physiological-biochemical state parameters were close to the control values, the exception was lusal phosphotase, the activity of which (in this group) was the lowest, which may indicate a possible positive adaptive potential of this species of pisces. The obtained results testify to the possibility of the existence of this species in water bodies that are subject to anthropogenic pollution, in particular heavy metals, and a change in these indices indicates various ways of counteracting the toxic effect of toxicants

*Key words: gorchak, potassium dichromate, death, cortisol, glucose, thyroxine, lactate dehydrogenase, succinate dehydrogenase, lunar phosphatase, adaptive reaction*

Рекомендує до друку  
В. В. Грубінко

Надійшла 21.09.2018

УДК 575.224.477.84

М. А. КРИЖАНОВСЬКА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## **ВПЛИВ РІЗНИХ ДОЗ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ОКРЕМІ ПРОДУКЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ГОРОХУ ПОСІВНОГО (*PISUM SATIVUM L.*) СОРТУ ЦЕТРІС**

У статті представлені результати вивчення зміни кількості бобів, кількості визрілих насінин на рослині і зміни маси 1000 насінин під впливом іонізуючого опромінення дозами 1 Гр, 3 Гр, 5 Гр, 7 Гр, 10 Гр на проросле насіння гороху посівного. Експериментально встановлено, що дози опромінення 3 Гр, 5 Гр, 7 Гр викликали збільшення кількості бобів у рослини в межах 24,3 – 24,7% та сприяли збільшенню маси 1000 насінин від 3,38% до 9,28%. Проте ці дози не суттєво впливають на кількість визрілих насінин у рослини. Дози іонізуючого опромінення 1 Гр та 10 Гр несуттєво негативного впливають на всі досліджувані показники.

*Ключові слова: іонізуюче опромінення, радіація, зміна продукційних показників гороху посівного*

Природний радіаційний фон підвищився та продовжує збільшуватись шляхом створення штучних джерел іонізуючого опромінення, бо зростає кількість технологій, що використовують іонізуючу радіацію, а разом з тим – кількість джерел випромінювань. Під час роботи підприємств атомної енергетики, особливо при радіаційних аваріях, у навколишнє середовище різними шляхами потрапляють радіоактивні речовини, які впливають на всі без винятку компоненти екосистеми [1, 3].

Радіоактивні речовини потрапляють в атмосферу і в кінцевому підсумку концентруються в ґрунті. Найбільш потерпає від радіоактивних речовин аграрна сфера. Радіоактивні ізотопи не викликають помітних ушкоджень рослинних організмів, однак вони накопичуються у врожаї в значних кількостях і ланцюжком «ґрунт – рослина – тварина» потрапляють в організм людини. За рахунок споживання забруднених радіонуклідами продуктів харчування людина отримує додаткову дозу опромінення, яка накопичується і призводить до негативного впливу

на здоров'я. Радіаційна генетика стала однією із головних наукових дисциплін сучасності і призначена оцінити і захистити спадковість людини від дії іонізуючого опромінення [2, 4, 6].

Горох – найпоширеніша високоврожайна зернобобова культура в Україні, джерело протеїнів, вуглеводів, ліпідів, вітамінів та мінеральних речовин. Високі смакові якості та цінні кормові властивості знайшли своє застосування як у харчуванні людини, так і у використанні на корм сільськогосподарських тварин.

У зв'язку із зазначеним актуальним є вивчення наслідків впливу радіації на рослинні організми. Завданням цього дослідження є виявлення наслідків впливу іонізуючого опромінювання в різних дозах на окремі показники продуктивності гороху посівного сорту Цетріс.

### Матеріал і методи досліджень

Для дослідження було відібрано 300 насінин, які поділили на 6 дослідних груп по 50 насінин. Відібране насіння замочувалося упродовж 72 годин. Проросле насіння контрольної групи опроміненню не підлягало. Проросле насіння ДГ-1 опромінювалися дозою рентгенівських променів 1 Гр, ДГ-2 – 3 Гр, ДГ-3 – 5 Гр, ДГ-4 – 7 Гр, ДГ-5 – 10 Гр. Опромінення проростків проводилось на базі Тернопільського районного територіального медичного об'єднання (ТРТМО) на рентгендіагностичній установці НР – 51. Опромінене проросле насіння висаджувалися по 25 насінин у рядку. Висадка та догляд за рослинами проводився із дотриманням всіх агротехнічних вимог без використання хімічних засобів захисту рослин.

У процесі дослідження вивчали морфологічні та кількісні характеристики насінин і бобів досліджуваної культури: кількість бобів на рослині, кількість визрілих насінин в бобі, маса 1000 насінин, візуальні спостереження за ростом і розвитком рослин. Статистичний аналіз експериментальних результатів здійснено згідно з П. Ф. Рокицьким [5].

### Результати досліджень та їх обговорення

Через несприятливі погодні умови перші проростки у всіх групах почали з'являтися на 7 день після висадки. Найбільша частка схожості (100%) спостерігалася у контрольній і ДГ-1 групах. Відповідно до контрольної групи у дослідних групах спостерігається зниження показнику схожості насіння починаючи з ДГ-2 – на 10%, ДГ-3 – на 8%, ДГ-4 – на 12%, ДГ-5 – на 12%.

Упродовж вегетативного періоду фіксувалися початки цвітіння та формування бобів. У контрольній, ДГ-1, ДГ-2, ДГ-3 групах спостерігався одночасний початок цвітіння (30.05) і формування бобів (3.06). Цвітіння гороху в групах ДГ-4, ДГ-5 розпочалося швидше на 2 дні, а формування бобів на рослинах 4-ої і 5-ої піддослідних групах випереджало на 3 дні попередні групи.

У кінці вегетативного періоду після дозрівання боби рослин зривали і просушували. Результати середнього значення кількості бобів подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Середня кількість бобів на рослині, n=20

Показники	Групи					
	К	ДГ-1	ДГ-2	ДГ-3	ДГ-4	ДГ-5
$M \pm m_m$	13,95±0,99	14,0±0,55	17,4±0,97	17,35±1,11	17,4±1,06	13,55±0,93
$\sigma \pm m_\sigma$	4,33±0,68	2,42±0,38	4,25±0,68	4,86±0,76	4,62±0,73	4,07±0,64
$C_v \pm m_{c_v}$	31±4,90	17±2,68	24±3,79	28±4,43	26±4,11	27±4,74
$t_d$	–	0,04	2,5	2,29	2,46	0,28
P	–	<0,95	>0,95	>0,95	>0,95	<0,95
% до контролю	–	+0,35	+24,7	+24,3	+24,7	-2,86

Аналіз одержаних даних свідчить про те, що опромінення рослин групи ДГ-1 в дозі 1 Гр не викликає зміни середньої кількості бобів на рослині. Критерії достовірності для цієї групи (P<0,95) не підтверджують вірогідності прояву ознаки. Середня кількість бобів на рослинах з ДГ-2 становила 17,4 шт., ДГ-3 – 17,35 шт., ДГ-4 – 17,4 шт., що у відсотковому співвідношенні до контрольної групи перевищує на 24,7%, 24,3%, 24,7% відповідно. Значення критерію Стьюдента підтверджує вірогідність впливу іонізуючого опромінення у дозах 3 Гр, 5 Гр, 7 Гр

на рослини груп ДГ-2, ДГ-3 та ДГ-4 ( $P>0,95$ ). Зменшення середньої кількості бобів на рослинах ДГ-5 не підтверджується критерієм Стьюдента.

Середня кількість визрілих насінин на рослині в контрольній і піддослідних групах представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Середня кількість визрілих насінин на рослині,  $n=20$

Показники	Групи					
	К	ДГ-1	ДГ-2	ДГ-3	ДГ-4	ДГ-5
$M \pm m_M$	6,24±0,11	6,19±0,14	6,28±0,17	6,44±0,14	6,9±0,10	5,43±0,18
$\sigma \pm m_\sigma$	0,50±0,07	0,61±0,09	0,78±0,12	0,65±0,10	0,44±0,12	0,80±0,12
$C_v \pm m_{Cv}$	8±1,26	9±1,42	12±1,89	10±1,58	6±0,0068	14±2,21
$t_d$	–	0,1	0,07	0,4	1,46	1,52
P	–	<0,95	<0,95	<0,95	<0,95	<0,95
% до контролю	–	-0,8	+0,6	+3,2	+10,5	-12,9

Статистичною обробкою визначено, що середня кількість визрілих насінин у бобі в контрольній групі становила 6,24 шт., у ДГ-1 – 6,19, у ДГ-2 – 6,28. У цих групах відмічається незначне відхилення від контролю ( $P<0,95$ ). У ДГ-3 спостерігається незначне збільшення чисельності насіння на 3,2% щодо контрольної групи, а середнє значення горошин – 6,44 шт. Найбільше середнє значення визрілих насінин у бобі спостерігається у ДГ-4 – 6,9 шт., що у відсотковому співвідношенні перевищило контроль на 10,5%. Найменший показник середньої кількості бобів спостерігався у ДГ-5 і становив 5,43 шт., що поступалося контролю на 12,9%. За коефіцієнтом варіації усі піддослідні групи належать до середнього ступеня мінливості даної ознаки.

Маса насіння є одним із показників продуктивності. Маса 1000 насінин наведена у таблиці 3.

Таблиця 3

Маса 1000 насінин

Показник	Групи					
	контроль	ДГ-1	ДГ-2	ДГ-3	ДГ-4	ДГ-5
Маса 1000 насінин, г	147,5	146,2	152,5	156,3	161,2	145,6
% до контролю	–	-0,17	+3,38	+6,0	+9,28	-1,35

Згідно отриманих результатів маса 1000 насінин у ДГ-1 є меншою на 0,17% щодо контрольної групи. У ДГ-2, ДГ-3 та ДГ-4 щодо контрольної групи виявлено збільшення маси на 3,38%, 6,0%, 9,28% відповідно. У ДГ-5 спостерігається незначне зменшення (на 1,35%) маси 1000 насінин до рівня контролю.

Зміна маси 1000 насінин представлена на рис. 1.

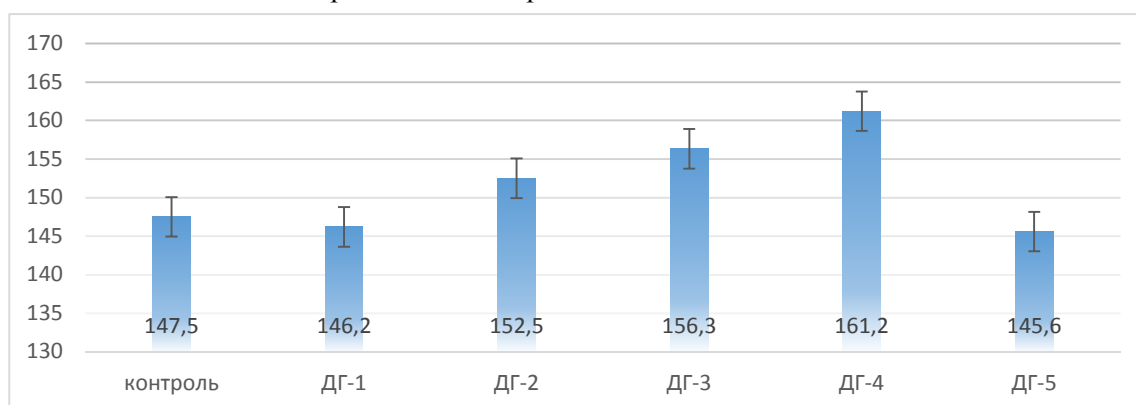


Рис. 1. Співвідношення маси 1000 насінин

**Висновки**

У результаті проведеного дослідження встановлено, що різні дози іонізуючого опромінення здійснюють незначний вплив на кількісні показники пророслого насіння гороху посівного сорту Цетріс. Використані дози опромінення 3 Гр, 5 Гр, 7 Гр демонструють стимулюючий ефект (+24%) на показник середньої кількості бобів у рослини та сприяють збільшенню маси 1000 насінин від 3,38% до 9,28%. Проте, ці дози опромінення викликають незначні коливання показників середньої кількості визрілих насінин у рослини (6,28-6,90 шт. проти 6,24 шт. у контролі). Використані дози іонізуючого опромінення 1 Гр, та 10 Гр несуттєво впливають на всі досліджувані показники.

1. Гудков І. М. Радіобіологія : підручник для вищ. навчальних закладів / І. М. Гудков. — К. : НУБіП України, 2016. — 485 с.
2. Дубинин Н. П. Мутагени среды и наследственность человека / Н. П. Дубинин // Генетические последствия загрязнения окружающей среды. Общие вопросы и методики исследования. — М. : Наука. — 1977. — С. 3—25.
3. Кравец А. П. Радиологические последствия радионуклидного загрязнения почв и растений / А. П. Кравец. — К. : Логос, 2006. — 180 с.
4. Овчаренко О. П. Основи радіаційної медицини : навч. посібник / О. П. Овчаренко, А. П. Лазар, Р. П. Матюшко. — Одеса : Одеський держ. мед. ун-т, 2002. — 208 с.
5. Рокицкий П. Ф. Введение в статистическую генетику / П. Ф. Рокицкий. — Минск : Высшая школа, 1978. — 226 с.
6. Свидерська С. М. Екологічні основи землеробства та сільськогосподарська радіоекологія : конспект лекцій / С. М. Свидерська. — Одеса, 2013. — 216 с.

*M. A. Kryzhanovska*

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

**INFLUENCE OF DIFFERENT DOSES OF IONIZING RADIATION ON INDIVIDUAL INDICATORS OF EDIBLE PEA (*Pisum sativum L.*), CETRIS CULTIVAR**

In recent times, the problem of environmental safety is particularly acute in the context of increasing anthropogenic load. The number of technologies that use ionizing radiation, and, at the same time, the number of sources of radiation, which increases the probability of their runaway, is growing all over the world. Radioactive substances enter the atmosphere, ultimately concentrating in the soil. The agricultural sector will suffer the most from radioactive substances. Plants become the first screen that undertakes the effect of such radiation. Radioactive isotopes do not cause significant damage to plants, but they accumulate in the harvest in significant quantities and in the chain "soil - plant - animal" appear in the human body. Due to consumption of radionuclide contaminated foodstuffs, the population gets an additional dose of radiation that accumulates and leads to negative health effects.

The scientific task of this study was to investigate the mutagenous impact of different doses of ionizing radiation on the specific series of edible peas of the Cetrис cultivar.

The research was conducted in the private household in the village of Plotych, Ternopil region. Seeds that have been soaked for 72 hours were selected for the study. The germinated seeds of the control group were not subject to irradiation. The germinated seeds of the group DG-1 were irradiated with a dose of X-rays 1 Gy, DG - 2 - 3 Gy, DG -3 - 5 Gy, DG -4 - 7 Gy, and DG -5 - 10 Gy.

As a result of the study, it was determined that different doses of ionizing radiation have little effect on the quantitative indices of germinated seeds of edible peas of the Cetrис cultivar. Irradiation doses of 3 Gy, 5 Gy, and 7 Gy show a stimulating effect (+ 24%) on average of beans per plant and contribute to an increase in the weight of 1000 seeds from 3.38% to 9.28%. However, these irradiation doses cause slight fluctuations of the average number of ripe seeds per plant (6.28-6.90 pc versus 6.24 pc in control). The used doses of ionizing radiation of 1 Gy, and 10 Gy demonstrate a non-significant negative influence on all investigated indices.

*Key words: ionizing radiation, radiation, edible pea*

Рекомендує до друку

В. В. Грубінко

Надійшла 30.10.2018

УДК 616.370-008.64-616.37

Н. М. ЛУГІНЦ, І. В. ГЕРУШ, І. М. ЯРЕМІЙ, Н. В. ДАВИДОВА

Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет»  
Театральна пл., 2, Чернівці, 58002

## **ВПЛИВ 14-ТИ ДОБОВОГО ВВЕДЕННЯ МЕЛАТОНІНУ НА МЕТАБОЛІЗМ ГЛУТАТІОНУ В ПЕЧІНЦІ ЩУРІВ ЗА АЛОКСАНОВОГО ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ**

Досліджували білих безпородних статевозрілих щурів-самців, в крові яких визначали рівень глюкози, а в печінці вміст відновленого глутатіону (GSH), активність глутатіонпероксидази (GPx), глутатіонредуктази (GR), глюкозо-6-фосфатдегідрогенази (G-6-PD) і глутатіон-S-трансферази (GST). Результати досліджень показали, що в печінці щурів при ЦД спостерігалось зниження вмісту GSH, а також активності глутатіон-залежних ензимів GPx, G-6-PD та GST порівняно з тваринами контрольної групи. Введення мелатоніну інтрагастрально упродовж 14 днів спричиняло нормалізуючий вплив на рівень глюкози в крові, вміст GSH та активність GPx в печінці щурів при експериментально індукованому алоксановому ЦД. Мелатонін в дозі 10 мг/кг сприяє нормалізації рівня глюкози в крові та деяких показників глутатіонової системи антиоксидантного захисту в печінці щурів при експериментально індукованому алоксановому ЦД, що свідчить про його ефективну антиоксидантну роль в цьому органі.

*Ключові слова:* цукровий діабет, мелатонін, алоксан, глутатіон, антиоксидантна система

Цукровий діабет (ЦД) є одним з найпоширеніших ендокринних порушень обміну речовин, який має серйозні медичні наслідки з істотним впливом на якість життя. Число хворих на ЦД зростає в геометричній прогресії. Декілька факторів, які можуть пояснити механізми, пов'язані з патологічними і функціональними змінами діабетичного ушкодження печінки, включають: резистентність до інсуліну, оксидативний стрес і перенавантаження ендоплазматичного ретикулуму [1].

Глутатіон є кофактором багатьох ензимів, які беруть участь в детоксикації активних форм кисню, а його дефіцит призводить до прогресування діабету [2].

Мелатонін – високоефективна та функціонально різноманітна молекула, що протидіє вільнорадикальним процесам. Він зарекомендував себе як один з найефективніших антиоксидантів, що не тільки зв'язує гідроксильні радикали, але і підвищує активність антиоксидантних ензимів [3]. З літературних даних відомо, що мелатонін може відігравати певну роль в метаболізмі глюкози. Прийом всередину мелатоніну має захисний ефект при виникненні цукрового діабету у щурів, схильних до цього захворювання [4, 5].

Зважаючи на вищезазначене, дослідження проведено з метою вивчення ролі мелатоніну як потужного антиоксиданта на систему глутатіону в печінці в алоксан-індукованих діабетичних щурів.

### **Матеріал і методи досліджень**

Досліди проведені на білих безпородних статевозрілих щурах-самцях з масою тіла – 0,15-0,18 кг. Цукровий діабет був викликаний внутрішньоочеревинним введенням 5% розчину моногідрату алоксану в дозі 150 мг/кг [6]. Тварини були розділені на підгрупи: 1) контрольні тварини; 2) тварини з ЦД (базальна глікемія 15,7-26,4 ммоль/л); 3) тварини з ЦД, яким інтрагастрально вводили мелатонін (Merck, Німеччина) в дозі 10 мг/кг о 8<sup>00</sup> щодня упродовж 14 днів.

Кров у щурів отримували шляхом декапітації під легким ефірним наркозом з дотриманням вимог загальних етичних принципів експериментів на тваринах, ухвалених на Першому національному конгресі України з біоетики (Київ, 2001), Європейської конвенції із захисту хребетних тварин, яких використовують з експериментальною та науковою метою (Страсбург, 1986). Печінку швидко вирізували, промивали в охолодженому льодом

фізіологічному розчині, промокали, заморожували в рідкому азоті і зберігали при температурі - 20 ° С до використання.

В крові рівень глюкози визначали глюкозооксидазним методом з використанням стандартного аналітичного набору „Філісіт-Діагностика” (Україна). В печінці визначали вміст відновленого глутатіону (GSH) [7], активність глутатіонпероксидази [КФ 1.11.1.9] (GPX) [8], глутатіонредуктази [К.Ф.1.6.4.2] (GR) [9], глюкозо-6-фосфатдегідрогенази [КФ 1.1.1.49] (G-6-PD) [10] і глутатіон-S-трансферази [КФ 2.5.1.18] (GST) [11].

Варіаційно-статистичне опрацювання даних здійснювали з використанням програмного пакета для персональних комп'ютерів *Microsoft Excel* з використанням непараметричних методів варіаційної статистики: розрахунок середніх значень (M), похибки середніх значень (m), U-критерію Уїлкоксона. Вірогідною вважали різницю при  $p < 0,05$ .

### Результати досліджень та їх обговорення

Встановлено, що глутатіонова система є важливим компонентом в захисті від оксидного ушкодження печінки при експериментальному алоксановому ЦД. У щурів з діабетом підвищувався рівень глюкози крові в 3 рази ( $p < 0,05$ ) порівняно з щурами контрольної групи. Після двох тижнів введення мелатоніну діабетичним щурам спостерігалось зниження рівня глюкози в крові на 55% ( $p < 0,05$ ) порівняно з діабетичними щурами, але він не досяг показника щурів контрольної групи (рис. 1).

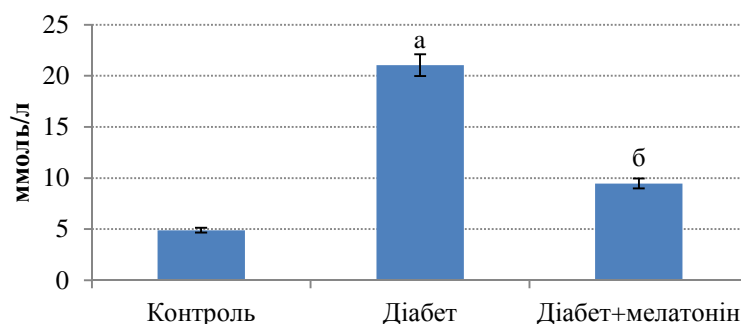


Рис. 1. Вплив введення мелатоніну на рівень глюкози в крові щурів за умов алоксанового ЦД

Примітка. <sup>a</sup> –  $p < 0,05$  різниця вірогідна порівняно з тваринами контрольної групи, <sup>б</sup> –  $p < 0,05$  різниця вірогідна порівняно з алоксан-діабетичною групою.

В печінці тварин на ранній стадії експериментального ЦД спостерігається активація оксидативного стресу. Необхідно відмітити, що при діабеті також знижується ефективність антиоксидантів [1].

В печінці щурів спостерігали зниження вмісту GSH на 24%, при ЦД (група 2) порівняно з щурами контрольної групи (група 1). Введення мелатоніну сприяло підвищенню вмісту GSH на 12 % порівняно із щурами, хворими на ЦД (рис. 2). Глутатіон є найбільш важливим внутрішньоклітинним сульфо-антиоксидантом, основним фактором, що визначає окислювально-відновний стан сульфо/дисульфідної системи і критичним регулятором імунної функції, клітинного старіння, апоптозу і життєво важливих окислювально-відновних чутливих сигнальних шляхів. Адекватні рівні GSH мають важливе значення для здійснення детоксикації ксенобіотиків та ендогенних токсинів, для біосинтезу багатьох важливих біомолекул, а також для захисту всіх клітин від оксидативного стресу [2].



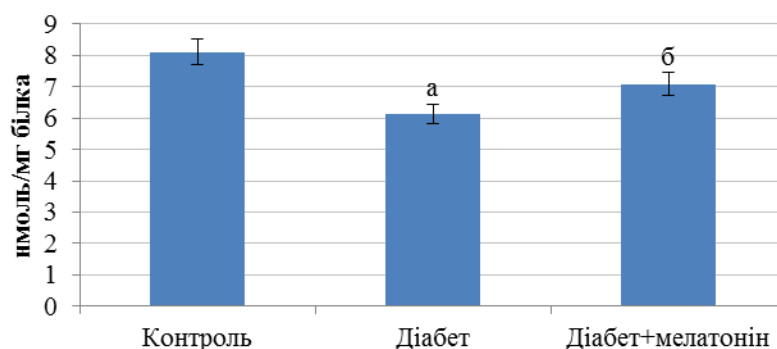


Рис. 2. Вплив введення мелатоніну на рівень глутатіону в печінці щурів за алоксанового ЦД

Примітка. <sup>a</sup> –  $p < 0,05$  різниця вірогідна порівняно з щурами контрольної групи, <sup>b</sup> –  $p < 0,05$  різниця вірогідна порівняно з алоксан-діабетичною групою.

Ми виявили зміни в діяльності антиоксидантних ензимів глутатіонової системи в печінці щурів відбувалося достовірно зниження активностей GP<sub>x</sub> на 13%, G-6-PD на 19% та GST на 16% при ЦД (група 2) порівняно з щурами контрольної групи (група 1). Введення мелатоніну сприяло підвищення активності GP<sub>x</sub> на 14% порівняно із щурами, хворими на ЦД (таблиця).

Таблиця

Вплив введення мелатоніну на активність ензимів системи глутатіону в печінці щурів за алоксанового ЦД (M±m)

Назва групи	Контроль, n=27	Діабет, n=19	Діабет+мелатонін, n=18
GP <sub>x</sub> , нмоль/хв× мг білка	172,57±8,63	149,87±8,48 <sup>a</sup>	171,59±10,94 <sup>b</sup>
GR, нмоль/хв× мг білка	5,8±0,4	4,66±0,55	5,78±0,75
G-6-PD, нмоль/хв× мг білка	2,82±0,14	2,29±0,12 <sup>a</sup>	2,41±0,14
GST, нмоль/хв× мг білка	62,5±1,97	52,6±0,89 <sup>a</sup>	58,82±0,82

Примітка. <sup>a</sup> –  $p < 0,05$  різниця вірогідна порівняно з контрольною групою, <sup>b</sup> –  $p < 0,05$  різниця вірогідна порівняно з алоксан-діабетичною групою.

При експериментальному ЦД внаслідок хронічної гіперглікемії спостерігається високий оксидативний стрес, який виснажує активність антиоксидантних ензимів і тим самим сприяє утворенню вільних радикалів [12, 13]. Гіперглікемія і цукровий діабет також асоціюється з низькими рівнями глутатіону в крові тварин з ЦД [14].

ЦД і його ускладнення супроводжуються збільшенням продукування активних форм кисню і порушенням тілового окислювально-відновного гомеостазу. Швидкість утворення активних форм кисню залежить від метаболічного статусу клітини, оскільки гіперглікемія підвищує вміст супероксидів. Поряд із цим збільшується швидкість ензимативного відновлення глюкози до сорбіту, а також, супутнє зниження НАДФН та вмісту GSH [2].

В даний час, коли антиоксиданти знаходяться в центрі уваги, мелатонін є одним з кандидатів для монотерапії, в якості можливого попередника виникнення хвороб, які безпосередньо пов'язані з оксидативним стресом і запаленням, або як допоміжний засіб для інших терапевтичних агентів. Він пригнічує пероксидне окиснення ліпідів і впливає на діяльність антиоксидантних ензимів. Захист печінки від оксидативного стресу може також частково сприяти гіпоглікемічному ефекту мелатоніну у щурів, хворих на ЦД.

Введення мелатоніну призводить до швидкого зростання його концентрації в крові. Оскільки мелатонін має як виражені ліпофільні, так і гідрофільні властивості, він швидко проходить через всі біологічні мембрани і проникає в клітини та їх субклітинні компартменти. Такий внутрішньоклітинний розподіл мелатоніну дозволяє йому зменшити окисне пошкодження у всій клітині. Завдяки цьому мелатонін має перевагу над деякими іншими антиоксидантами, що проникають в клітини повільніше [13].

Існує незалежний зв'язок між зниженням секреції мелатоніну і підвищенням ризиком розвитку цукрового діабету 2 типу [4]. Це дослідження встановлює основу для необхідності антиоксидантної терапії в поєднанні з гіпоглікемічними препаратами в лікуванні ЦД.

### Висновки

Встановлено нормалізуючий вплив введення мелатоніну на рівень глюкози в крові, вміст GSH та активність GP<sub>x</sub> в печінці щурів при експериментально індукованому алоксановому ЦД, що свідчить про його ефективну антиоксидантну роль в цьому органі.

Мелатонін може бути перспективним агентом для захисту функцій печінки щурів з алоксановим ЦД, що спонукає до вивчення можливості використання цієї молекули, як допоміжного засобу у терапії, через свій антиоксидантний та антигіперглікемічний ефект, що відкриває дуже широке поле дослідження.

1. *Role of stem cells during diabetic liver injury* / Y. Wan, J. Garner, N. Wu [et all.] // *Journal Cell Molecular Medicine*. — 2016. — № 20. — P. 195—203.
2. *Sekhar R.V. Glutathione synthesis is diminished in patients with uncontrolled diabetes and restored by dietary supplementation with cysteine and glycine* / R.V. Sekhar, S.V. McKay, S.G. Patel // *Diabetes Care*. — 2011. — № 34. — P. 162—167.
3. *Fundamental issues related to the origin of melatonin and melatonin isomers during evolution: relation to their biological functions* / D. X. Tan, X. Zhen, J. Kong [et all.] // *International Journal of Molecular Sciences*. — 2014. — № 15. — P. 15858—15890.
4. *Melatonin secretion and the incidence of type 2 diabetes* / C. J. McMullan, E.S. Schernhammer, E.B. Rimm [et all.] // *Journal of the American Medical Association*. — 2013. — № 309. — P. 1388—1396.
5. *Сучасні уявлення про патогенез цукрового діабету першого типу та роль мелатоніну* / І. Ф. Мещишен, І.В. Геруш, І. М. Яремій, О. Ю. Кушнір. — Чернівці: Медичний університет, 2014. — 128 с.
6. *Treatment of alloxan-induced diabetic rats with metformin or glitazones is associated with amelioration of hyperglycaemia and neuroprotection* / O. Akinola, M. Gabriel, A. Suleiman [et all.] // *The Open Diabetes Journal*. — 2012. — № 5. — P. 8—12.
7. *Карпищенко А. И. Глутатионзависимая антиоксидантная система в некоторых тканях крыс в условиях острого отравления дихлорэтаном* / А. И. Карпищенко, С. И. Глушков, В. В. Смирнов // *Токсикологический вестник*. — 1997. — № 3. — С. 17—23.
8. *Власова С. Н. Активность глутатионзависимых ферментов эритроцитов при хронических заболеваниях печени у детей* / С. Н. Власова, Е. И. Шабунина, И. А. Персегина // *Лаб. дело*. — 1990. — № 8. — С. 19—22.
9. *Beutler E. Effect of Flavin Compounds on Glutathione Reductase Activity: In Vivo and in Vitro Studies* / E. Beutler // *The Journal of Community Informatics*. — 1969. — № 48. — P. 1957—1966.
10. *Kornberg A. Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase* / A. Kornberg, B. L. Horecker // *Methods in Enzymology*. — New York: Academic Press, 1955. — Vol. 1 — P. 323.
11. *The identity of glutathione S-transferase B with ligandin, a major binding protein of liver* / W. H. Habig, M. J. Pabs, G. Fleischner [et all.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. — 1974. — № 71. — P. 38794—3882.
12. *Effect of melatonin intake on oxidative stress biomarkers in male reproductive organs of rats under experimental diabetes* [Електронний ресурс] / M. G. Gobbo, C. F. Pereira Costa, D. G. Humberto Silva [et all.] // *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. — 2015. — Article ID 614579. — P. 11. — Режим доступу до журн.: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/614579>.
13. *Melatonin attenuates contrast-induced nephropathy in diabetic rats: the role of interleukin-33 and oxidative stress* / O. A. Onk, H.S. Erol, T.A. Ayazoglu [et all.] // *Mediators of Inflammation*. — 2016. — Article ID 9050828. — P. 10. — Режим доступу до журн.: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/9050828>.
14. *Jain S. Hydrogen sulfide upregulates glutamate-cysteine ligase catalytic subunit, glutamatercysteine ligase modifier subunit, and glutathione and inhibits interleukin-1beta secretion in monocytes exposed to high glucose levels* / S. Jain, L. Huning, D. Micinski // *Metabolic Syndrome and Related Disorders*. — 2014. — № 12. — P. 299—302.

*N. M. Luhinich, I. V. Gerush, I. M. Yaremiy, N. V. Davydova*

Higher State Educational Establishment of Ukraine "Bukovinian State Medical University" (BSMU)

#### THE INFLUENCE OF 14 DAYS INTRODUCTION OF MELATONIN ON THE METABOLISM OF GLUTATHION IN THE LIVER OF ALLOXAN DIABETIC RATS

Diabetes mellitus (DM) is one of the most prevalent endocrine disorders in the world. Glutathione is a cofactor of many enzymes involved in the detoxification of active forms of oxygen and its deficiency leads to the progression of diabetes. Published data show that melatonin may play a role in glucose metabolism. Introduction of melatonin inhibits peroxidation of lipids and changes in the activity of antioxidant enzymes.

Therefore, the purpose of study was to evaluate effect of melatonin on the state of the glutathione system in the liver of rats under conditions of aloxane diabetes mellitus.

Experiments were conducted on white outbred sexually mature male rats. The glucose level was measured in the blood. In the liver, the content of reduced glutathione (GSH), activity of glutathione peroxidase (GPx), glutathione reductase (GR), glucose-6-phosphate dehydrogenase (G-6-PD) and glutathione-S-transferase (GST).

The results of our studies showed that in the liver of rats with diabetes, there was a decrease in the content of GSH and the activity of glutathione-dependent enzymes GPx, G-6-PD and GST compared to control rats. The introduction of melatonin intragastrically over a period of 14 days had a normalizing effect on blood glucose level, GSH content and activity of GPx in the liver of rats in experimentally alloxane-induced DM.

Melatonin in the dose of 10 mg/kg contributes to the normalization of blood glucose level and some indicators of glutathione antioxidant defense system in the liver of rats in experimentally alloxane-induced DM, which testifies that its effective antioxidant role in this organ.

*Key words: diabetes mellitus, melatonin, alloxan, glutathione, antioxidant system*

Рекомендує до друку

Надійшла 07.09.2018

В. В. Грубінко

УДК: 573:575:57.022: 577+57.042

О. Г. НЕСТЕРЕНКО, С. В. ЛІТВІНОВ, Н. М. РАШИДОВ

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України  
вул. Академіка Заболотного, 148, Київ, 03143

#### **АНАЛІЗ АКТИВНОСТІ LTR-РЕТРОТРАНСПОЗОНІВ РОСЛИН ГОРОХУ ПІД ВПЛИВОМ АБІОТИЧНИХ СТРЕСОВИХ ФАКТОРІВ**

Метою роботи було провести порівняльний аналіз змін ДНК у відповідь на стреси різної природи та їх комбінації (осмотичний стрес, іонізуюче опромінення, нагрівання) у геномі гороху на основі дослідження повторюваних елементів- LTR шляхом детекції появи нових ампліконів. Дослідження показали, що різні види стресу та його комбінації можуть активувати ретротранспозони рослин і привести до їх проліферації, зруйнувавши епігенетичний сайленсінг. Найактивніше на стрес реагували ретротранспозони за використання праймерів іPBS2074 та CYCLOP. Серед стресових чинників найефективнішими для активації транспозиції ретротранспозонів виявилися іонізуюче опромінення у високих (20–25 Гр) та низьких (5 Гр) дозах у поєднанні з засоленням та без нього, а також нагрівання та осмотичний шок.

*Ключові слова:* іонізуюче опромінення, осмотичний шок, гіпертермія, *Pisum sativum* L., стрес, ретротранспозони

Стрімке зростання кількості та інтенсивності стресових чинників зумовлює посилення їх впливу на живі організми. Зокрема, це стосується рослинних об'єктів, зміна місця перебування яких, на відміну від тваринних організмів, ускладнена. Наразі дослідження цього питання набуває актуальності. Стресові фактори мають властивість діяти на геном рослин, у результаті чого виникає вплив як на загальний стан організмів, так і на їх цвітіння, врожайність, швидкість старіння, виникнення змін на генетичному та епігенетичному рівнях, що можуть передаватися спадково та проявлятися у наступних поколіннях. Це може бути пов'язано і з мобільними генетичними елементами (МГЕ) рослин, зокрема, LTR-ретротранспозонами (ретротранспозонами з довгими кінцевими повторами (LTR – long terminal repeat)). Вони відіграють важливу роль у зміні структури геному та експресії генів. Існує вірогідність утворення адресних адаптивних мутацій, що генеруються інсерціями мобільних елементів у відповідь на специфічні та неспецифічні стресові впливи. Ретротранспозони є одними з маркерів реакції рослин на стресові фактори, особливо іонізуючу радіацію, осмотичний стрес та підвищення температур.

LTR-ретротранспозони несуть регуляторні сайти, пізнавані деякими ядерними факторами. Крім того, LTR беруть участь у рекомбінаційних процесах, у тому числі в мітозі і в мейозі, утворюючи складні гібриди з різних ретротранспозонів [5]. У даний час є досить велика кількість досліджень, в яких продемонстровано феномен індукції транспозиції LTR-ретротранспозонів різними факторами для різних об'єктів. Активація ретроелементів у рослинному геномі відбувається під впливом різних стресів: зневоднення, низьких або високих температур, впливу фітопатогенів та ін. У деяких дослідженнях показано, що ретротранспозиція є найбільш імовірною причиною соматональної мінливості, індукованої культивуванням *in vitro* [1]. Горох посівний (*Pisum sativum* L.) є важливою сільськогосподарською культурою. Він протягом багатьох років був модельним об'єктом досліджень, не дивлячись на досить великий розмір геному – 4300 Мб. При цьому приблизно половину геному складають повторювані елементи (35–48%, з яких 20–33% – LTR-ретротранспозони). Для дослідження активації мобільності LTR-ретротранспозонів під впливом абіотичних стресових факторів, було відібрано та проаналізовано 10 праймерів. Було знайдено специфічні для бобових та гороху ретротранспозони. Консервативні послідовності з LTR для рослин гороху були застосовані при підборі ПЛР-праймерів для детекції поліморфізму методом IRAP (inter-retrotransposon amplified polymorphism). Для проведення PBS (Primer Binding Site) ампліфікації використали праймери, раніше розроблені д-р Календарем Р.М. та ін. [7]. Крім того, були використані універсальні праймери, комплементарні послідовностям PBS-ділянок для LTR ретротранспозонів [6]. Висококонсервативні PBS послідовності характерні для різних сімейств LTR ретротранспозонів, і оскільки тРНК зв'язується з PBS-ділянками для ініціації зворотної транскрипції, послідовність цього регіону комплементарна послідовності 3'-кінця тРНК.

Метою роботи було провести порівняльний аналіз змін ДНК у відповідь на стреси різної природи та їх комбінації (осмотичний стрес, іонізуюче опромінення, нагрівання) у геномі гороху на основі дослідження повторюваних елементів – LTR шляхом детекції появи нових ампліконів.

### **Матеріал і методи досліджень**

Для досліду було використано 3-денні проростки *P. sativum*), пророщені у рулонній культурі. Для встановлення ступеня прояву реакції рослин на дію стресових чинників було використано декілька абіотичних факторів впливу, зокрема засоленість – занурення у розчин NaCl (0,22 Моль/л) на годину, гіпертермія (занурення у розчин 44 °С на 4 хвилини) на фоні іонізуючого опромінення (0–25 Гр) та без нього. Сформовані експериментальні групи представлено в таблиці 1.

Схема комбінації стресових факторів

Експериментальна група		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Стресові фактори	Х-промені (Гр)	-	-	-	5	5	5	10	10	10	15	15	15	20	20	20	25	25	25
	Сіль (NaCl, mM/l)	-	22	-	-	22	-	-	22	-	-	22	-	-	22	-	22	-	-
	Температура (°C)	-	-	44	-	-	44	-	-	44	-	-	44	-	-	-	-	44	44

Рослини гороху після дії стресорами продовжували культивувати у водній культурі за звичайних умов, при температурі  $21 \pm 2$  °C, з фотоперіодом 15 годин освітлення та 9 годин темряви. Через 2, 12 та 22 доби після впливу стресовими чинниками на проростки гороху з них було виділено тотальну ДНК за стандартною загальновідомою методикою Rogers & Bendich [9]. Якісну та кількісну оцінку ДНК проводили з використанням гель-електрофорезу та спектрофотометра NanoDrop (Thermo Fisher Scientific). Для вивчення фрагментів ДНК, нами було обрано 7 універсальних праймерів, комплементарні послідовностям іPBS ділянок ретротранспозонів [7] а також 3 специфічні пари IRAP праймерів для гороху. Було знайдено специфічні для бобових та гороху ретротранспозони. Назви праймерів і їх нуклеотидні послідовності представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристика праймерів

Назва праймеру	Нуклеотидна послідовність (5' → 3' )	Оптимальна температура отжигу, °C	Кількість ампліконів	Кількість нових ампліконів
iPBS2228	CATTGGCTCTTGATACCA	54	11	0
iPBS 2230	TCTAGGCGTCTTGATACCA	52	6	0
iPBS 2232	AGAGAGGCTCGGATACCA	55	7	0
iPBS2251	GAACAGGCGATGATACCA	53	8	0
iPBS2249	AACCGACCTCTGATACCA	51	17	0
iPBS2080	CAGACGGCGCCA	63	5	0
iPBS2074	GCTCTGATACCA	49	7	5
CYCLOP	F-CGATATCTCACAATCCCTGTGGAGAC R-GCAAGGAAACGGAGTCAAAGATGC	64	6	3
OGRE	F-TCGCGAGACCATGTCTTTCCAGGTTTAC R-GTGGGCTGGGCTTTAGTGAGATGCTTTCC	71	10	0
PIGY	F-ACGCTCGTCACATGCCCGTGGCGGTC R-ATCATCAAAGTATCATCCGCCTTAGC	64	4	0

Для проведення ПЛР (полімеразної ланцюгової реакції) використовували 15 мкл реакційної суміші наступного складу: 0.5-1.2 мкл ДНК, 7.5 мкл Maxima Hot Start Master Mix (включає в себе буфер, Taq-полімеразу, dNTP та Mg<sub>2</sub>Cl), 1,2 мкл праймерів (Thermo Fisher Scientific). З метою забезпечення максимального виходу і специфічності продукту в кожному конкретному випадку проведення ПЛР було оптимізувано умови реакції, зокрема, температуру отжигу для кожного використаного праймера та кількість циклів. Загалом, ампліфікацію проводили при умовах первинної денатурації при 95°C 3-5 хвилин, далі 25-35 циклів (денатурація при 95°C 25-45 секунд, отжиг залежно від праймерів при відповідних температурах 30-70 секунд, та елонгації при 72°C протягом 2-2,5 хвилин), кінцевій елонгації при 72°C 10 хвилин з подальшим зберіганням при 4 °C. Для розділення продуктів ПЛР-реакції проводився горизонтальний електрофорез в 1-2%-вому агарозному гелі (концентрації якого також варіювали та підбиралася для оптимізації візуалізації фрагментів ДНК під час сканування), у присутності бромистого етидію. Гель поміщали до камери з 1xTE-буфером (10 mM Tris -HCl, pH 7,5-8,0, 1 mM EDTA). Електрофорез проходив за постійної напруги 60-70 В протягом 60-150 хвилин. Розміри ампліконів аналізованих зразків ДНК визначали шляхом зпівставлення їх електрофоретичної рухливості в гелі з рухливістю маркерів – фрагментів ДНК відомої молекулярної маси з використанням програми Image J. В якості маркера молекулярних мас використовували «GeneRuler 100 bp (Plus) DNA Ladder», (Thermo Fisher Scientific). Аналізувалися отримані в результаті ампліфікації електрофореграми з чітко помітними та розділеними ампліконами, кількість яких варіювала в залежності від використання відповідного праймера. Кількість дослідів варіювала від 2 до 5 для кожного праймера (пари праймерів).

### Результати досліджень та їх обговорення

Всі МГЕ за способом переміщення можуть бути згруповані в два основні класи: ретротранспозони (мають ретровірусне походження), що переміщуються за допомогою РНК-посередника за принципом «копіювання та вставка», і ДНК транспозони, коли переміщується безпосередньо ДНК. Серед LTR-ретротранспозонів цікавими та найбільш багаточисленними є ретротранспозони *Ty3/gypsy*, зокрема *OGRE* (33%), *PIGY* (1,5%) та *CYCLOP* (близько 1%). LTR-ретротранспозони відіграють певну роль у забезпеченні генетичної пластичності та адаптації у відповідь на екологічний стрес [12, 10]. Наразі проведено дослідження поведінки LTR-ретротранспозонів залежно від часу впливу стресорами та їх комбінацій, точки онтогенезу (віддаленості за часом від моменту впливу). Паралельно з іншими методами спостереження за організмами такі досліди дають можливість зрозуміти роль МГЕ у генетичній мінливості рослин та динаміку їх геномів; у формуванні відповіді особин у процесі адаптації до стресорів. Для молекулярного аналізу було виділено ДНК для кожної з груп рослин та проведено ПЛР екстрагованої ДНК з використанням специфічних праймерів для LTR-ретротранспозонів.

У попередніх дослідженнях аналіз морфометричних показників проростків на модифікуючу дію іонізуючого випромінювання у формуванні реакції рослин на дію інших стресових факторів показав, що рівень відхилення від адитивності в бік синергізму або антагонізму найбільш яскраво спостерігається у рослин через дві та вісім діб після дії стресорами [15, 16]. Метод іPBS-ампліфікації заснований на фактично універсальній присутності тРНК-комплексу як сайту зв'язування праймерів зі зворотною транскриптазою як у ретровірусів, так і в LTR-ретротранспозонів, що необхідно для ініціації зворотної транскрипції під час циклу реплікації. Висококонсервативні PBS послідовності характерні для різних сімейств LTR ретротранспозонів і, оскільки тРНК зв'язується з PBS-ділянкою для ініціації зворотної транскрипції, послідовність цього регіону комплементарна послідовності 3'-кінця тРНК [6]. Під час аналізу за IRAP-PCR маркерам ДНК рослин з 15 експериментальних груп через 3 різні проміжки часу використано 3 пари праймерів та за іPBS-PCR – 7 праймерів. У результаті отримано загалом 81 амплікон різних розмірів, при цьому загальна кількість нових фрагментів складала 8 шт. та була характерна для середньої частини спектра (складала приблизно 350-1650 п.н.). Найбільша кількість ампліконів виявилася при використанні іPBS праймеру 2249, а найвища інформативність праймера була характерна для іPBS 2074 під час аналізу ДНК рослин, які культивували протягом 2 днів після впливу стресорів.

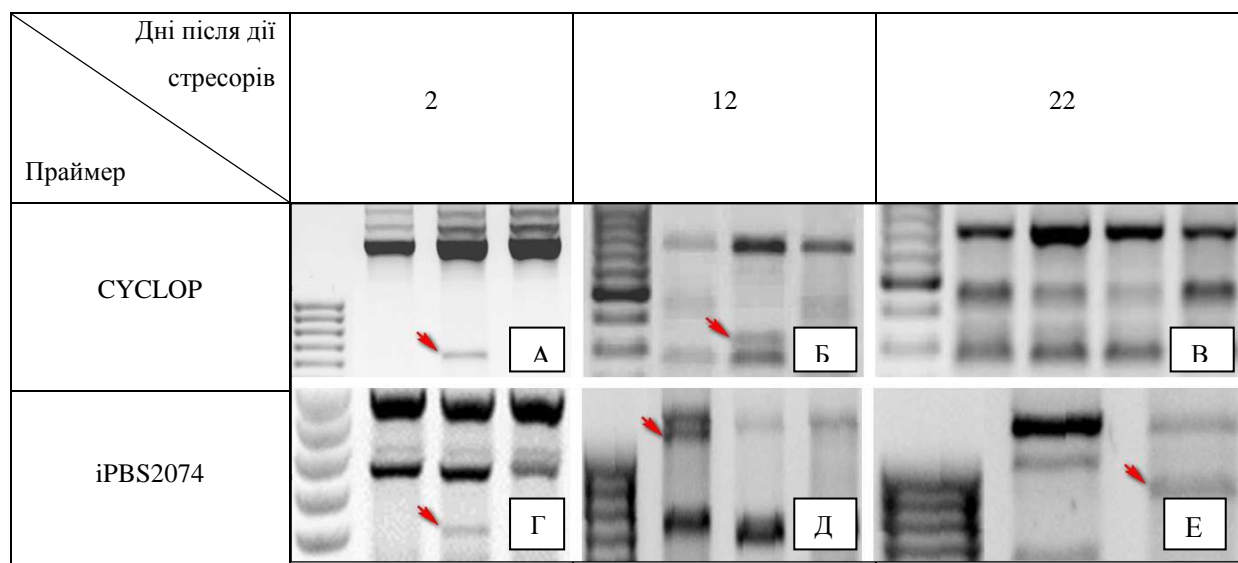


Рисунок. Електрофореграма продуктів ПЛР-аналізу тотальної ДНК рослин з використанням праймерів: 2074: А – 2 дні, Б – 12 днів, В – 22 дні; CYCLOP: Г – 2 дні, Д – 12 днів, Е – 22 дні.

З віддаленням за часом від моменту впливу стресового чинника ми спостерігаємо «вирівнювання» загальної картини морфометричних змін, тобто вся система, отримавши потужний поштовх у вигляді декількох гострих впливів стресора, почала поступове відновлення до характерних показників опромінених у відповідних дозах груп рослин. Однак, кількість переміщених (скопійованих) LTR ретротранспозонів очікувано не знизилася, адже інсерції цих МГЕ мають стабільний характер, хоча на реалізацію відповіді геному і потрібен час. Маркери iPBS (inter primer binding site) являються специфічними до сайтів зв'язування т-РНК, тобто після вставки попередня копія залишається. Мутації, що створюються інсерціями ретротранспозону, виявляються стабільними на відміну від мутацій, що викликаються ДНК-транспозонами, оскільки останні при переміщенні вирізають свою вихідну копію з геному і вже потім вбудовуються в інший сайт, тоді як копія ретротранспозону, вбудувавшись, вже нікуди не зникає [8].

Фрагменти ДНК після праймера 2074 породемонстрували більшу частоту виникнення фрагментів. Через два дні після опромінення та засолення/нагрівання на електрофореграмі виник амплікон розміром близько 700 п.н. у рослин після опромінення у дозі 20 Гр. Через 12 діб після впливу стресорів було виявлено нові фрагменти для групи 25 Гр+NaCl розміром 1280 п.н., а для груп NaCl та 5 Гр – амплікони близько 1650 та 1550 п.н. відповідно. При цьому для групи засолених рослин була характерна відсутність фрагменту розміром близько 350 п.н. Очевидно, це може бути пояснено тим, що у клітинах еволюційно доцільним було виникнення механізму, що був би направлений на генетичний контроль процесів транспозиції і зниження негативних наслідків від переміщення мобільних елементів. Тому відсутність старого фрагменту може спостерігатися через метилювання ДНК – найбільш значущий та глобальний шлях контролю за поведінкою МГЕ [13]. Через 22 дні поява амплікону у розмірі 750 п.н. відбулася для групи 20 Гр+NaCl з одночасною відсутністю дещо більшого амплікону у приблизно 800 п.н.

CYCLOP порівняно новий ретротранспозон, досить поширений у деяких бобових та представлений 5000 копій у геномі гороху [2]. Електрофореграма за участі праймера CYCLOP продемонструвала наступне. Амплікон близько 700 п.н. з'явився на електрофореграмі у ДНК рослин через дві доби після температурного стресу. Через 12 діб нові фрагменти розмірами близько 380 та 1200 п.н. було відмічено для групи рослин 5+NaCl. За 22 дні після пошкоджуючих чинників значних змін для ДНК з використанням CYCLOP виявлено не було.

Показано, що при радіоіндукованій активації ретротранспозонів беруть участь транскрипційні фактори теплового шоку і NF-κB [3, 14]. МГЕ використовують для власної активації механізми контролю генної експресії, як транскрипційні фактори і метилування ДНК, а також сприйнятливі до розривів ДНК [19]. При використанні праймера Pigu, ДНК-профілі гороху через 2, 12, 22 доби після дії стресорами за кількістю ампліконів не змінювалися для жодної з груп та стабільно становила 4. Також стійкими до активації мобільності стресорами виявилися праймери 2228, 2230, 2232, 2251, 2249, 2080, ogre та pigu. Можливо, знаходячись у ділянках висококонсервативного гетерохроматину, вони виявилися менш доступними для ферментів. Крім того, існує висока ймовірність втрати ретротранспозоном своєї активності. Відомо, що вставка ретротранспозону поблизу гена може істотно впливати на його експресію. У випадку вбудовування ретротранспозону всередині самого гена може безпосередньо змінитися його генна структура і функції, що може привести до утворення мутацій та до руйнування епігенетичного сайленсінгу [6]. Регуляторні послідовності є досить варіабельними, що може вказувати і на те, що ретротранспозони також здатні до розвитку шляхом модифікації власних регуляторних елементів [4]. Дослідниками було виділено ретротранспозон типу Ty1-Соріа, названий Ttd1a, що активізується у відповідь на засолення у рослин. Вони показали, що він розташований поруч з геном, що відповідає за стійкість. Мобілізація цього елемента може відігравати важливу роль у реакції-відповіді на екологічні стреси [11]. Отримані дані демонструють роль стресорів у появі нових ампліконів, відповідно, перенесенню ретротранспозонів, у відповідь на радіацію, засолення, підвищену температуру тощо. Ці дані підтверджують, що рівень пристосування до змін навколишнього середовища може визначатися не лише за рахунок епігенетичної регуляції геному в цілому [18], але і за рахунок мобільності LTR ретротранспозонів рослин та вже за їх безпосереднім впливом на геном живителя. Зміни у послідовності ДНК, отримані в результаті транспозиції LTR-ретротранспозонів, можуть мати як негативний вплив, так і відігравати позитивну роль у індукції адаптивних процесів та формуванні захисної відповіді рослинного організму через потенційне втручання у функції генів і геномів у процесі онтогенезу. У зв'язку з генетичною нестабільністю, в свою чергу, можуть проявлятися такі радіобіологічні реакції, як гормезис, адаптивна відповідь або радіаційно-індуковане старіння [15]. Результати дослідження свідчать про підвищення мобільності МГЕ гороху у відповідь на абіотичні стресові чинники, зокрема опромінення та осмотичний стрес. Активація ретротранспозонів у відповідь на стресовий вплив визначається здатністю їх промоторів реагувати на сигнальні шляхи, які регулюють адаптацію рослин до абіотичних стресів.

## Висновки

1. Дослідження показали, що різні види стресу та його комбінації (засолення, температурні зміни, радіація) можуть активувати ретротранспозони рослин і привести до їх проліферації, зруйнувавши епігенетичний сайленсінг.
2. Найбільшу активну реакцію на вплив стресових чинників виявили ретротранспозони за умов використання праймерів iPBS2074 та CYCLOP. При цьому виникнення найбільшої кількості нових ампліконів спостерігали через 2-12 діб після впливу стресорами.
3. Серед стресових чинників найефективнішими для активації транспозиції ретротранспозонів виявилися іонізуюче опромінення у високих (20-25 Гр) та низьких (5 Гр) дозах у поєднанні з засоленням та без нього, а також нагрівання та осмотичний шок.

1. Campbell B.C., LeMare S., Piperidis G., Godwin I.D. IRAP, a retrotransposon-based marker system for the detection of somaclonal variation in barley // *Mol. Breeding*. — 2011. — 27. — P. 193—206.
2. Chavanne F., Zhang D.X., Liaud M.F., Cerff R. Structure and evolution of Cyclops: a novel giant retrotransposon of the Ty3/Gypsy family highly amplified in pea and other legume species // *Plant Mol. Biol.* 1998. — 37, № 2. — P. 363—375.
3. Faure E., Best-Belpomme M., Champion S. X-irradiation activates the Drosophila 1731 retrotransposon LTR and stimulates secretion of an extra-cellular factor that induces the 1731-LTR transcription in nonirradiated cells // *J. Biochem. (Tokyo)*. — 1996. — 120, № 2. P. 313—319.
4. Grandbastien M. Activation of plant retrotransposons under stress conditions // *Trends Plant Sci.* — 1998. — 3. — P. 181—187. [DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1360-1385\(98\)01232-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01232-1)].



5. Hora A., Malik C.P. Evaluation of genetic relationship between *Trigonella Melilotus* complex using CCMP markers // *Plant Tissue Culture and Biotechnology*. — 2013. — 23, № 1. — P. 59—66.
6. Kalendar R., Schulman A.H. Transposon-based tagging IRAP, REMAP, and iPBS. // *Methods in Molecular Biology*. — 2014. — 1115. — P. 233—255.
7. Kalendar R., Antonius K., Smýkal P., Schulman A. iPBS: a universal method for DNA Fingerprinting and retrotransposon isolation // *Theor. Appl. Genet.* — 2010. — 121. — 1419—1430 (Published online) [DOI 10.1007/s00122-010-1398-2 123]
8. Llorens C., Futami R., Covelli L. The Gypsy Database (GyDB) of Mobile Genetic Elements: Release 2.0 // *Nucl. Acids Res. (NARESE)*. — 2011. — 39, № 1. — P.70-74.
9. Rogers S.O., Bendich A.J. Extraction of DNA from plant, fungal and algal tissues. In: , Gelvin SB, Schilperoort RA (eds) // *Plant Molecular Biology Manual*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers. — 1994. — 1. — P. 1-8.
10. Ungerer M.C., Kawakami T. Transcriptional Dynamics of LTR Retrotransposons in Early Generation and Ancient Sunflower Hybrids // *Genome Biol. Evol.* — 2013. — 5, № 2. — P. 329—337.
11. Woodrow P., Pontecorvo G., Ciarmiello L.F., Fuggi A., Carillo P. Ttd1a promoter is involved in DNA-protein binding by salt and light stress // *Mol. Biol. Rep.* — 2011. — Vol. 38. — P. 3787—3794.
12. Woodrow P., Pontecorvo G., Fantaccione S., Fuggi A., Kafantaris I., Parasi D., Carillo P. Polymorphism of a new Ty-1-copia retrotransposon in durum wheat under salt and light stresses // *Theor. Appl. Genet.* — 2010. — P.311—322.
13. Yoder J.A., Walsh C.P., Bestor T.H. Cytosine methylation and the ecology of intragenomic parasites // *Trends Genet.*, 1997. — 13, № 8. — P. 335—340
14. Васильева Л.А., Ратнер В.А., Бубенщикова Е.В. Стрессовая индукция транспозиций ретротранспозонов дрозофилы: реальность явления, характерные особенности и возможная роль в быстрой эволюции // *Генетика*. — 1997. — 33, № 8. — С. 108—1093.
15. Зайнуллин В.Г. Генетические эффекты хронического облучения в малых дозах ионизирующего излучения. — СПб.: Наука, 1998. — 100 с.
16. Нестеренко О. Г., Рашидов Н. М. визначення кореляції між вмістом проліну та води у коренях *Pisum sativum* L. під впливом абіотичних стресових факторів // *Біологічні системи*. — 2017. — 9, № 8. — С. 81—196.
17. Нестеренко О. Г., Рашидов Н. М. Реакція рослин гороху на дію сольового і термічного стресових факторів залежно від попереднього іонізуючого опромінення // *Біологічні Студії*. — 2018. — 12. № 1
18. Соколова Д.А., Кравец А.П. Роль эпигенетического полиморфизма проростков кукурузы в реакциях на УФ-С облучение ISSN 2308-7099. *Физиология растений и генетика*. — 2014. — 46, № 3. — С. 221—229.
19. Юрченко Н.Н., Коваленко Л.В., Захаров И.К. Мобильные генетические элементы : нестабильность генов и геномов // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. — 2011. — 15, № 2. — С. 261—270.

*O. G. Nesterenko, S. V. Litvinov, N. M. Rashydov*

Institute of Cell Biology and Genetic Engineering NAS of Ukraine

#### ANALYSIS OF THE LTR-RETROTRANSPOSONS MOBILITY IN PLANTS AFTER ABIOTIC STRESS FACTORS IMPACT

The aim of this work was to investigate a comparative analysis of DNA changes in response to different origin stresses and their combinations (osmotic stress, ionizing radiation, heating) in the genome of *Pisum sativum*. It can be done using repetitive mobile elements LTR-retotransposons and detecting the appearance of new amplicons on electrophoregrams.

Investigation have shown that various types of acute stressors and their combinations can activate retrotransposons mobility in plants and lead to their proliferation by “switching off” epigenetic silencing. Most reactive ability to stress were retrotransposons after using iPBS2074 and CYCLOP primers.

Among the stress factors and their doses the most effective for activating transposition of retrotransposons affected ionizing radiation in high (20-25 Gy) and low (5 Gy) doses combined with salinity or without it as well as heating and osmotic shocks by separately were applied.

*Key words: ionizing irradiation, osmotic shock, hyperthermia, Pisum sativum L., stress, retrotransposon*

Рекомендує до друку

Надійшла 19.06.2018

Н. М. Дробик

ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2018, № 3-4 (74)

81

УДК 574:582.683.2-114]:004

<sup>1</sup>С. С. РУДЕНКО, <sup>1</sup>Т. В. МОРОЗОВА, <sup>2</sup>В. В. ГРУБІНКО, <sup>1</sup>С. С. КОСТИШИН<sup>1</sup>Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича

вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012

<sup>2</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## ЕКСПРЕС-МЕТОД ОЦІНКИ ВІТАЛІТЕТНО-РОЗМІРНОЇ СТРУКТУРИ ПОПУЛЯЦІЙ (НА ПРИКЛАДІ *ARABIDOPSIS THALIANA* (L.) HEYNH.)

Запропоновано експрес-метод оцінки віталітетно-розмірної структури популяцій. Методика передбачає використання моновимірного критерію – площі внутрішнього фітогенного поля рослин. Останню визначають на масштабованих фотографіях гербаризованих, або живих польових об'єктів за допомогою програми для аналізу і обробки зображень ImageJ. У випадку, коли за віталітетно-розмірною структурою популяція виявилася депресивною, пропонується визначити також причину депресивного стану: вплив зовнішніх (абіотичних, антропогенних) чи внутрішніх факторів (розмір-асиметрична конкуренція). Для цього рекомендовано поєднане застосування кривої Лоренца та коефіцієнта Джині. Методика апробована на прикладі модельної популяції *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Експрес-методика стане у пригоді спеціалістам-екологам у випадках, коли оцінка віталітетно-розмірної структури популяцій обмежена стислими термінами досліджень і необхідністю швидкого прийняття рішень.

*Ключові слова:* віталітетна структура популяцій, розмірна структура популяцій, фітогенне поле, програма ImageJ, крива Лоренца, коефіцієнт Джині, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.

**Вступ.** Засновником віталітетного аналізу в екології по праву вважається Ю.А.Злобін. Праця цього автора «Принципы и методы изучения ценотических популяций» (1989) на сьогодні має понад 600 цитувань. А запропонована ним технологія оцінки віталітетного класу особин та віталітетного типу популяцій вже 30 років використовується екологами різних країн для оцінки стану популяцій. Методика Ю.А.Злобіна є полікритеріальною, тобто базується на великій кількості ознак та ґрунтовному математичному аналізі (кореляційному, факторному), що робить її доволі достовірною та репрезентативною. Водночас сам Ю.А. Злобін зазначає, що у ряді випадків, особливо при експрес-аналізі стану популяцій, виявляється корисним вивчення їх розмірної структури. За визначенням автора, розмірна структура популяцій характеризує співвідношення в популяції особин різного розміру лише за однією структурною ознакою і розглядається ним як окремий випадок віталітетної структури (ВС) [1]. Проблема полягає в пошуку того одного критерію, який міг би максимально точно охарактеризувати розмір особин. Ю.А. Злобін [2] критикує за прагматизм тих дослідників, які при визначенні ВС популяцій використовують такі монокритерії як висота рослин, або діаметр розеток прикореневих листків. На його думку, аналіз розмірної структури популяцій повинен бути орієнтованим, перед усім, на еколого-ценотичний статус популяцій, оскільки розмір особин, в першу чергу, характеризує об'єм простору, який вони займають та контролюють в екосистемі. Пошуку такого критерію присвячена дана робота.

**Метою** нашого дослідження була розробка експрес-методу оцінки та аналізу віталітетно-розмірної структури популяції на основі одного репрезентативного структурного критерію.

Необхідність в експрес-методі оцінки віталітетно-розмірної структури популяцій виникає за двох основних обставин:

- стан популяцій певного виду використовується для оперативного біомоніторингу в зонах несприятливих екологічних ситуацій. У даному випадку оцінка повинна бути виконана в стислі терміни, що важко реалізувати в рамках класичної методики віталітетного аналізу, яка є полікритеріальною та багатовимірною і потребує досить багато часу;

- потрібно оцінити стан популяції рідкісних видів та видів, що перебувають під загрозою зникнення. Тут особливо цінним був би метод, який дозволив би уникнути самого знищення рослин, без якого ґрунтовний віталітетний аналіз неможливий.

### Матеріал і методи досліджень

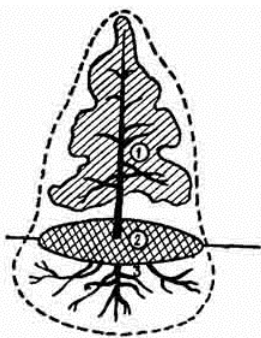
Запропонована методика визначення віталітетно-розмірної структури популяцій апробована на прикладі модельної популяції *A. thaliana*, виявленої у селітебній зоні Центрально-міського ландшафтного району міста Чернівці. Фотографії зроблені цифровим апаратом Nikon 35-105mm. Роботу з програмою ImageJ здійснювали згідно рекомендацій [3]. Результати опрацьовані статистично з використанням програмного пакету Statistica 6. Коефіцієнт Джині аналізували за загальноприйнятою градацією його рівнів: < 40 – низький; 40-55 – середній; >55 – високий; > 60 дуже високий [4].

### Результати досліджень та їх обговорення

Як одновимірний критерій для оцінки розміру особин у популяції ми пропонуємо застосовувати площу їх внутрішнього фітогенного поля (ФП). На нашу думку, саме цей показник максимально точно характеризує об'єм простору, який рослина займає та контролює в екосистемі, тобто найбільше відповідає першочерговій вимозі, що висуває до такого критерію Ю.А.Злобін. Адже ФП – це деякий простір, у межах якого середовище набуває нових властивостей завдяки присутності в ньому окремого рослинного організму [5]. ФП має власну речовину, енергетику та навіть кінетичну пам'ять [6]. Функціональна роль ФП вивчалась багатьма авторами [6-8]. Зокрема, нами розроблена та апробована методика оцінки середовищевірної ролі ФП на прикладі *Fagus sylvatica* L. [9]. Менш розробленим питанням є оцінка площі ФП.

Характеризуючи просторову структуру ФП, її розробник А.А. Уранов вказував на наявність, як мінімум, двох зон – внутрішньої і зовнішньої. Внутрішня знаходиться в межах контуру рослини, зовнішня виходить за його межі. Межа зовнішньої зони ФП визначається областю, де вплив рослини на середовище зникає або вплив інших агентів перевищує вплив рослини. Л.Б. Заугольнова і співав. [10] також виокремлюють внутрішню частину ФП, яка позначається ними як мінімальне ФП рослини. При цьому автори зазначають, що якщо напруженість загального поля хоча б за одним із показників змінюється стрибкоподібно, то межі мінімального поля окреслюються досить чітко.

Дослідження трансформації середовища під впливом рослин дозволили виявити складнішу просторову структуру ФП, де виділяється три – п'ять зон (рис. 1), проте контур рослини і на цих схемах чітко відмежовує внутрішню і зовнішню зони ФП [11]. Отже, внутрішнє ФП чіткіше окреслене, ніж зовнішнє, тому для оцінки розміру рослин ми зупинили свій вибір саме на ньому.



Едасфера рослини:  
1 – філосфера,  
2 – некроподіум,  
3 – ризосфера

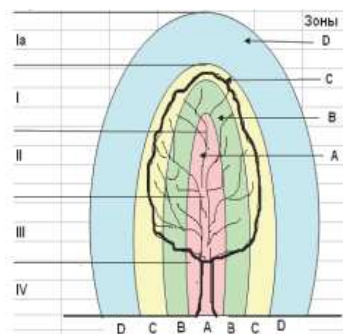


Рис. 1. Зонування надземної частини ФП деревних рослин (за А.М. Горєловим)

Одним із ефективних інструментів вимірювання внутрішнього ФП може стати програма для аналізу і обробки зображень ImageJ (рис. 2), яку ми і адаптували для цих цілей. Алгоритм методу зводиться до наступних кроків. Фотографуємо рослини на тлі лінійки, якщо це гербарні зразки – лінійку кладемо на гербарний лист, при зйомці безпосередньо в природі – лінійку слід заглибити в ґрунт. У програмі ImageJ відкриваємо фото, за допомогою інструменту «виділення ліній» відмічаємо відрізок, що відповідає 1 см лінійки (рис. 3) – задаємо початкову (відому) відстань, далі задаємо просторовий масштаб зображення за допомогою діалогового вікна Set Scale. Активні результати вимірювань представляємо в заданих калібрувальних одиницях – сантиметрах. У вкладці Known Distance вводимо число «1», якому відповідає лінія на зображенні (рис. 4).



Рис. 2. Вихідне зображення

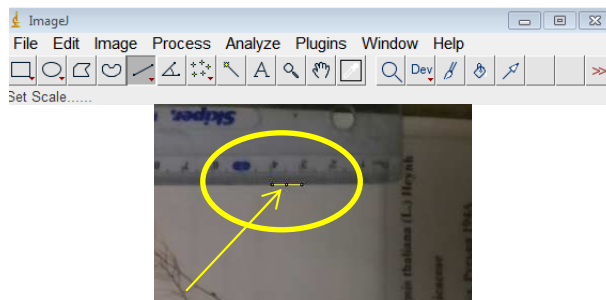


Рис. 3. Задання початкової відстані

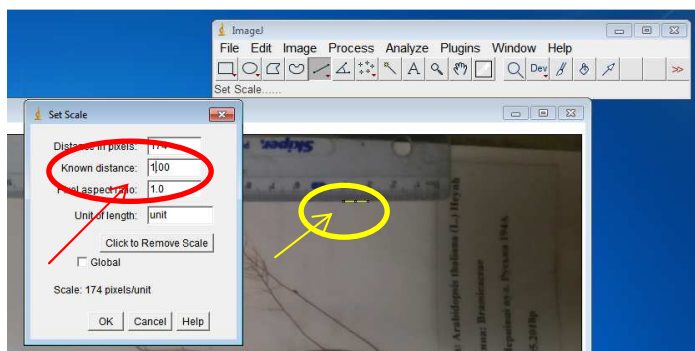


Рис. 4. Задання просторового масштабу зображення

В поле Unit of Length вводимо параметри вимірювання – см, натискаємо «ОК». Подальше ImageJ здійснюватиме всі підрахунки з урахуванням заданих параметрів і калібрувальних одиниць.

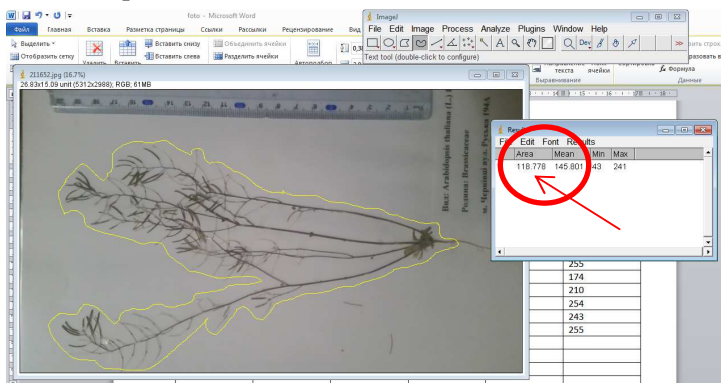


Рис. 5. Аналіз площі виділеної фігури

Далі для оконтурення внутрішнього ФП *A. thaliana* використовуємо інструмент виділення фігур «виділення від руки». Далі аналізуємо площі фігури, відкривши вікно «Measure» в команді «Analyze» (рис. 5). Площа обведення (Area) виражена у см<sup>2</sup>.

Запропонована методика визначення віталітетно-розмірної структури популяцій апробована на прикладі модельної популяції *A. thaliana*. Визначили площу внутрішнього фітогенного поля кожного екземпляру вибірки. У програмі STATISICA-6 розрахували базові показники: вибіркоче середнє  $\bar{X}_n = 83,37 \text{ см}^2$ ; середнє квадратичне відхилення  $\sigma = 66,60$ .

Межі довірчого інтервалу  $X \pm tSx$  визначали двома способами – за Ю.А. Злобіним [2], розраховуючи  $Sx$  як «похибку середнього арифметичного» та за М.В. Лебедевою [12], розраховуючи  $Sx$  як «стандартне відхилення». Коефіцієнт Стьюдента ( $t$ ) в обох випадках дорівнює 1,96, що відповідає 95 % довірчому інтервалу для нормального розподілу. Діаграми розмаху, побудовані на основі цих двох підходів, засвідчують, що при множенні коефіцієнта Стьюдента ( $t$ ) на стандартне відхилення ( $\sigma$ ), нижня межа довірчого інтервалу набуває від’ємних значень, що протирічить біологічному змісту, натомість при множенні на похибку середнього арифметичного ( $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ), такого недоліку не зафіксовано. Тому до уваги приймали довірчий інтервал, визначений за методикою Ю.А.Злобіна. Виходячи з вищезазначеного, межі довірчого інтервалу:

$$\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot t = 83,37 - \frac{66,60}{\sqrt{20}} \cdot 1,96 = 68,48 \quad \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot t = 83,37 + \frac{70,38}{\sqrt{18}} \cdot 1,96 = 98,26$$

Звідси ознака  $x$  належить інтервалу 68,48–98,26, або  $x \in (68,48;98,26)$  з надійністю  $\gamma = 0,95$ . Знаючи довірчий матеріал, визначили віталітетний клас кожної рослини за методикою Ю.А. Злобіна [2]. Особини, які потрапили в інтервал більше  $X + tSx$  віднесли до вищого класу віталітету ( $a$ ), в інтервал  $X \pm tSx$  – до проміжного класу ( $b$ ), в інтервал менше  $X - tSx$  – до нижчого класу ( $c$ ). Завершували віталітетний аналіз визначенням віталітетного типу популяцій за індексом якості  $Q = \frac{1}{2}(a+b)$ . При цьому керувалися такими критеріями:  $Q > c$  – популяція процвітаюча;  $Q = c$  – популяція – рівноважна;  $Q < c$  – популяція депресивна. У розглянутому нами прикладі  $Q < c$ , тобто популяція належить до депресивних (табл. 2).

Таблиця 2

Віталітетний тип модельної популяції *Arabidopsis thaliana* L., визначений за внутрішнім фітогенним полем рослин

№ п/п	Площа внутрішнього ФП рослин, см <sup>2</sup>	Довірчий інтервал для вибірки, см <sup>2</sup>	Клас віталітету особин	$Q = \frac{1}{2}(a+b)$	Віталітетний тип популяції
1	323,277	68,48 – 98,26	a	$Q = \frac{1}{2}(5+5) = 5$	$Q < c$ (популяція депресивна)  c=10
2	137,346		a		
3	132,287		a		
4	118,778		a		
5	109,409		a		
6	90,394		b		
7	88,121		b		
8	86,113		b		
9	82,221		b		
10	75,417		b		
11	66,363		c		
12	64,605		c		
13	55,165		c		
14	51,508		c		
15	44,664		c		
16	36,3		c		
17	32,562		c		
18	29,945		c		
19	27,759		c		
20	15,174		c		

У випадку, коли за віталітетно-розмірною структурою популяція виявилася депресивною, постає питання чим зумовлений її пригнічений стан: впливом зовнішніх (абіотичних, антропогенних) чи внутрішніх факторів (розмір-асиметричною конкуренцією). Це залежатиме від того, який об’єм простору в екосистемі займають та контролюють рослини великого

розміру. Якщо ФП великих рослин становить більшу частку сумарного ФП усіх особин у популяції, то має місце розмір-асиметрична конкуренція, якщо великі рослини вибирають частку ФП значно меншу за сумарне ФП, то причиною депресивного стану популяції є вплив зовнішніх факторів. Конкуренцію вважають розмір-асиметричною, коли деякі особини видаляють непропорційно велику кількість ресурсів [13]. При такій конкуренції більші особини пригнічують зростання їх менших сусідів, при цьому перевага досягається завдяки їх здатності швидко зростати, досягати великого розміру та здійснювати випереджувальне непропорційно високе захоплення обмежених ресурсів.

Т.К. Rajaniemi зазначає, що розмір-асиметрична конкуренція виникає унаслідок монополізації ресурсу великими особинами шляхом "перехоплення", тобто використання ресурсу до того, як менші особини зможуть його отримати [14].

Для визначення нерівностей розмірів ФП рослин нами застосовано криву Лоренца та коефіцієнт Джині, запозичені з економіки. Перший з цих показників – графічний, а другий – числовий. Для побудови кривої Лоренца (*Lorenz curve*) необхідно створити три розрахункові таблиці. У першій розрахунковій таблиці розміщуємо площі ФП особин модельної популяції у порядку зростання, одразу розбивши їх на п'ять рівних 20%-вих груп (табл. 3). Оскільки популяційна вибірка складає 20 особин (100%), кожна 20%-ва група буде представлена 4-ма особинами. У другому стовпчику таблиці зазначаємо площі ФП виокремлених 20%-вих груп, сумуючи площі ФП особин, що ввійшли до їх складу. У свою чергу, сукупність виокремлених 20%-вих груп становитиме площу ФП всієї популяційної вибірки, яку ми заносимо у третій стовпчик першої розрахункової таблиці. І, нарешті, в четвертому стовпчику зазначаємо площу ФП виокремлених 20%-вих груп, але вже у відсотках від площі ФП всієї вибірки. Отже, перша група (з найменшими площами ФП) акумулює 6, 32 % сукупного ФП, а п'ята (з найбільшими площами ФП) – 42, 68%.

Таблиця 3

Перша розрахункова таблиця для побудови кривої Лоренца

№ з/п	Площі ФП особин у порядку зростання	Площа ФП виокремлених 20%-вих	Площа ФП популяційної вибірки	Площа ФП виокремлених 20%-вих груп, %
1	15,174	105,44	1667,408	6,32
2	27,759			
3	29,945			
4	32,562			
5	36,3	187,637		11,25
6	44,664			
7	51,508			
8	55,165			
9	64,605	288,606		17,31
10	66,363			
11	75,417			
12	82,221			
13	86,113	374,037		22,43
14	88,121			
15	90,394			
16	109,409			
17	118,778	711,688		42, 68
18	132,287			
19	137,346			
20	323,277			

Зміст другого стовпчика розрахункової таблиці для побудови кривої Лоренца запозичено з останнього стовпчика першої розрахункової таблиці (табл. 3). Щодо першого, то для його заповнення необхідно розкрити зміст двох понять – частість (частка, виражена у відсотках до

підсумку) та накопичена частість (визначається шляхом послідовного сумування частостей кожної попередньої та наступної групи). У результаті в останньому рядку маємо отримати 100%. Накопичена частість груп модельної популяції у другій розрахунковій таблиці визначена саме за цим принципом. *Наприклад*, частість першої групи – 20%, частість другої – також 20%, тому накопичена частість буде 20% + 20% = 40%.

Таблиця 4

Друга розрахункова таблиця для побудови кривої Лоренца

Накопичена частість груп модельної популяції, %	Площа ФП виокремлених 20%-вих груп, у % від площі ФП популяційної вибірки
20	6.32
40	11.25
60	17.31
80	22.43
100	42.68

У третій розрахунковій таблиці значення двох перших стовпчиків повторюють значення стовпчиків другої розрахункової таблиці. А у третьому стовпчику – розрахована накопичена частість площ ФП. Для цього послідовно сумуємо площі ФП кожної попередньої та наступної груп, зазначені у другому стовпчику. До прикладу, відсоток площ першої групи становить 6,32 %, а другої – 11,25 %, тоді накопичена частість площ фітогенних полів цих двох груп: 6,32 % + 11,25 % = 17,57 і т.д.

Таблиця 5

Третя розрахункова таблиця для визначення площі під кривою Лоренца

Накопичена частість груп модельної популяції, %	Площа ФП виокремлених 20%-вих груп, у % від площі ФП популяційної вибірки	Накопичена частість площ фітогенних полів, %	Площа трапецій під відрізками кривої Лоренца
20	6,32	6,32	63,2
40	11,25	17,57	238,9
60	17,31	34,88	524,5
80	22,43	57,31	921,9
100	42,68	99,99 (≈100)	1573
			<b>Σ=3321,5</b>

Нарешті, щоб побудувати криву Лоренца (нерівність розподілу площ ФП у модельній популяції), відкладаємо по осі X значення накопиченої частоті груп модельної популяції, а по осі Y – значення накопиченої частоті площ їх ФП. Від точок на осі X та Y, (що відповідають конкретним значенням накопиченої частоті груп та площ ФП) опускаємо перпендикулярні пунктирні лінії, на перетині яких отримуємо точки кривої Лоренца. У даному випадку це точки O, A, B, C, D, E.

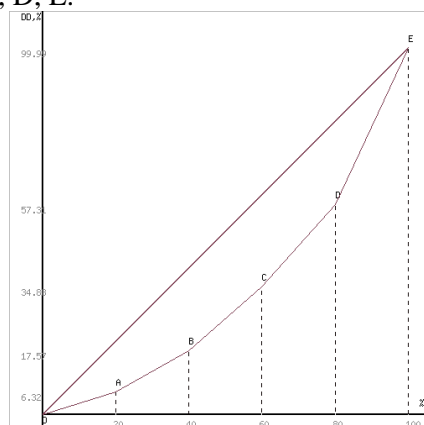


Рис. 9. Крива Лоренца

З'єднавши їх відрізками, отримуємо криву Лоренца. Коефіцієнт Джині на основі кривої Лоренца розраховуємо як відношення площі області, утвореної кривою Лоренца (OABCDE) і абсолютної рівності (OE) до площі трикутника OE100, утвореного прямою абсолютної рівності та прямими 100-E та 0-100%, тобто:  $G = (S_{OE100} - S_{\text{під кривою Лоренца}}) / S_{OE100}$ .

Спочатку знаходимо площу фігури, що лежить під кривою Лоренца ( $S_{\text{під кривою Лоренца}}$ ). Для цього визначаємо площі прямокутних трапецій з боковими сторонами АВ, ВС, CD, DE й основами, які відповідають перпендикулярам опущеним з точок А, В, С, D, Е на вісь абсцис та висотою – 20. Площі трапецій знаходимо як добуток півсуми (а, b)основ на висоту (h):  

$$S = \frac{a+b}{2} \cdot h.$$

Окремо знаходимо площу трикутника під відрізком ОА за формулою:  $\frac{1}{2}$  добутку катетів трикутника. Дані про площі 4-ох трапецій та одного трикутника заносимо у четвертий стовпчик третьої розрахункової таблиці (табл. 6). Склавши площі зазначених фігур, отримуємо площу фігури під кривою Лоренца – 3321,5. Визначаємо площу трикутника  $S_{\text{ОЕ100}}$  за формулою:

$$S_{\text{ОЕ100}} = \frac{a \cdot h}{2}, \text{ отже } S_{\text{ОЕ100}} = \frac{100 \cdot 100}{2} = 5000$$

Звідси коефіцієнт Джині дорівнює:  $G = (5000 - 3321.5) / 5000 = 0.3357$

Можна розрахувати індекс Джині (G) і числовим способом. Для цього скористаємося формулою:  $G = \sum_{i=1}^{n-1} p_i q_{i+1} - \sum_{i=1}^{n-1} p_{i+1} q_i$

де  $p_i$  – накопичена частість груп модельної популяції, поділена на 100;

$q_i$  – накопичена частість площ ФП, поділена на 100.

Отже, спочатку розраховуємо величини  $p_i$  і  $q_i$ . Для цього скористаємося даними про накопичену частість груп модельної популяції та накопичену частість площ фітогенних полів з першого та третього стовпчиків третьої розрахункової таблиці (табл. 6), але поділимо їх на 100. Це і будуть показники  $p_i$  та  $q_i$ . Для одержання  $p_i q_{i+1}$  першого рядка третього стовпчика множимо показник  $p_i$  у тому ж рядку першого стовпчика на зсунутий на один рядок униз показник другого стовпчика:

$$p_1 q_{1+1} = 0.2 \times 0.1757 = 0.03514$$

Цього ж принципу дотримуємося при розрахунках усіх показників 3-ого та 4-ого стовпчиків даної таблиці. Коефіцієнт Джині дорівнює:

$$G = \sum p_i q_{i+1} - \sum p_{i+1} q_i = 1.31844 - 0.98284 = 0.3356.$$

Коефіцієнт Джині дорівнює:  $G = \sum p_i q_{i+1} - \sum p_{i+1} q_i = 1,31844 - 0,98284 = 0,336.$

Таблиця 6

Базова таблиця для розрахунку коефіцієнта Джині

$p_i$	$q_i$	$p_i q_{i+1}$	$p_{i+1} q_i$
0.2	0.0632	0.03514	-
0.4	0.1757	0.1395	0.02528
0.6	0.3488	0.3439	0.1054
0.8	0.5731	0.7999	0.279
1	0.9999	-	0.5731
Всього		1.3184	0.9828

Одержаний коефіцієнт Джині належить до низьких, тому депресивний стан цієї популяції не можна пояснити розмір-асиметричною конкуренцією. Робимо висновок, що він зумовлений зовнішніми факторами (абіотичними або антропогенними).

### Висновки

Запропонований нами метод дозволяє спростити дослідження віталітетної структури і по суті зводиться до монокритеріального (одновимірного) визначення розмірної структури популяції. Він ефективний, зручний, не потребує кропітких лабораторних досліджень, скорочує час камеральної обробки.

Розроблена методика, дозволяє уникнути знищення рослин, яке неминуче відбувається при обчисленні комплексу морфометричних параметрів. Вона може бути застосована для дослідження віталітетної структури рідкісних видів на основі їх фотографій, зроблених у природних умовах. Методика носить універсальний характер, оскільки дозволяє оцінювати віталітетно-розмірну структуру популяцій різних видів за одним єдиним критерієм – площею внутрішнього фітогенного поля.



1. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценопопуляций растений [Электронный ресурс] / Ю. А. Злобин // Изд-во Казанского ун-та. — 1989. — Режим доступа до ресурсу: <https://www.twirpx.com/file/394596/>.
2. Злобин Ю.А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография. — Сумы: Университетская книга, 2009. — 263 с.
3. Конюхов А. Л. Руководство к использованию программного комплекса ImageJ для обработки изображений: Учебное методическое пособие [Электронный ресурс] / А.Л. Конюхов // Томск: кафедра ТУ, ТУСУР, 2012. — 105 с. — Режим доступа до ресурсу: <file:///Desktop/ImageJ.pdf>.
4. Рождественська Л. Г. Статистика ринку товарів і послуг: Навч. посіб. — К.: КНЕУ, 2005. — 419 с.
5. Уранов А.А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники, 1965. — Т. 1. — С. 251-254.
6. Кучерявий В. П. Фітогенне поле і фітомеліорація: питання теорії та практики [Електронний ресурс] / В. П. Кучерявий // Науковий вісник НЛТУ України. - 2016. - Вип. 26.7. - С. 15-24. — 2016. — Режим доступа до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlntu\\_2016\\_26.7\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlntu_2016_26.7_4).
7. Черняева Е. В. Аллелопатический режим фитогенного поля спиреи nipponской (*Spiraea nipponica* Maxim. [Электронный ресурс] / Е. В. Черняева, В. П. Викторов // Вестник ТГУ, т.19, вып.5, 2014. — 2014. — Режим доступа до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/>.
8. Горелов А. М. Фитогенное поле и его структура [Электронный ресурс] / А.М. Горелов // Электронный журнал «Вестник МГОУ». — 2013. — № 1.— 1-10. — Режим доступа до ресурсу: [www.evestnik-mgou.ru](http://www.evestnik-mgou.ru).
9. Руденко С.С. Методика візуалізованої оцінки середовищевірного впливу едіфікатора в лісовій екосистемі / С.С. Руденко, М.В. Талах // Екологія та ноосферологія. — 2008. — Т. 19, № 1-2. — С. 44—52.
10. Заугольнова Л. Б. Особенности популяционной жизни растений / Л.Б. Заугольнова, Л.А. Жукова, Н.И. Шорина // Популяционные проблемы в биогеоценологии: статьи. — М., 1988. — С. 24—59.
11. Горелов О. М. Методичні аспекти вивчення фітогенних полів // Наук. вісн. Чернів. унту. — Серія: Біологія. — 2004. — Вип. 223. — С. 237—242.
12. Лебедева М.В. Виталитетная структура ценопопуляций некоторых видов семейства *Crassulaceae* DC. на южном Урале / М.В. Лебедева, Л.М. Абрамова // Вестник Томского государственного университета. — 2015. — № 400. — С. 315—321.
13. Freckleton R. P. Asymmetric competition between plant species [Электронный ресурс] / R. P. Freckleton, A. R. Watkinson // Functional Ecology. — 2001. — Режим доступа: <https://doi.0269-8463.2001.00558.x>
14. Rajaniemi T. K. Explaining productivity-diversity relationships in plants [Электронный ресурс] / Т. К. Rajaniemi // *Oikos* 101, 449-457. — 2003. — Режим доступа: <https://doi.10.1034/j.1600-0706.2003.12128.x>
15. Чанг Ха-Юн. Економіка. Інструкція з використання: Пер. з англ. / Ха-Юн Чанг. — К.: Наш Формат, 2016. — 400 с.

*S. S. Rudenko, T. V. Morozova, V. V. Hrubin'ko, S. S. Koshtishin*  
 Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine  
 Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

**EXPRESS METHOD OF ASSESSMENT OF VITALITETAL-DIMENSIONAL STRUCTURE OF POPULATIONS (AS EXAMPLE *ARABIDOPSIS THALIANA* (L.) HEYNH.)**

An express method of estimating the vitality-dimensional structure of populations is proposed. The method involves the use of a mono-criterion – the area of the internal phytogenic field of plants. The latter is determined on scalable photographs of plant, using an ImageJ analysis and image processing program. In the case when the population was depressed in vitality-dimensional structure, it is also proposed to determine the cause of the depressive state: the influence of external (abiotic, anthropogenic) or internal factors (size-asymmetric competition). For this purpose, it is recommended to combine the application of the Lorentz and the Gini coefficient. The method is tested on the example of the model population *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Express-methodology will be useful for environmentalists in cases where the assessment of the vitality-size structure of populations is limited by short terms of research and the need for rapid decision-making.

*Key words: vital structure of populations, size structure of populations, phytogenic field, ImageJ program, Lorentz curve, Gini coefficient, Arabidopsis thaliana (L.) Heynh.*

Рекомендує до друку

Надійшла 26.10.2018

В. І. Парпан

УДК 612.015-02:613.84-06:616-099:546.33]-022.9

А. В. РУЦЬКА, І. Я. КРИНИЦЬКА

ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»  
вул. Клінічна, 1, Тернопіль, 46000

## СТАН ПРОЦЕСІВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У ЩУРІВ РІЗНОЇ СТАТІ І ВІКУ ЗА ДІЇ ТЮТЮНОВОГО ДИМУ НА ТЛІ ЗАСТОСУВАННЯ НАТРІЙ ГЛУТАМАТУ

Досліджували процеси енергозабезпечення у щурів різної статі та віку за дії тютюнового диму на тлі застосування натрій глутамату. Встановлено, що пасивне тютюнопаління на тлі застосування натрій глутамату у статевозрілих щурів-самців супроводжується виразним пригніченням процесів енергозабезпечувального окиснення, про що свідчить зниження сукцинатдегідрогеназної активності у лейкоцитах на 47,1 % ( $p < 0,001$ ) щодо контрольної групи, що на 27,9 % ( $p < 0,001$ ) нижче цього показника за ізольованої дії тютюнового диму, та зниження цитохромоксидазної активності на 27,5 % ( $p < 0,001$ ) щодо контрольної групи, що достовірно не відрізнялося від цього показника за ізольованої дії тютюнового диму. У статевому аспекті процеси енергозабезпечення за пасивного тютюнопаління на тлі застосування натрій глутамату більш виражено знижуються у самок, а при віковому зіставленні змін активностей досліджених ензимів встановлено їх інтенсивніше зниження у статевонезрілих щурів.

*Ключові слова:* тютюновий дим, натрій глутамат, енергозабезпечення, щури

Тютюнопаління є однією з актуальних проблем охорони здоров'я і суспільства в цілому, бо є однією з основних причин виникнення та прогресування більшості хронічних захворювань і пов'язаних з ними ускладнень, що призводять до втрати працездатності, ранньої інвалідизації та смерті [17, 23]. Згідно з даними інформаційного центру з проблем алкоголю, паління і наркотиків в Україні, палять 19 млн. осіб, що є найвищим показником серед країн Європи [8].

Очікується, що до 2025 року палити можуть більше 500 млн. жінок, що складе близько 20% жіночого населення планети. При цьому, в Україні поширеність паління серед жінок за останні 30 років потроїлася [12]. Крім того, останнім часом спостерігається чітка тенденція до збільшення поширеності тютюнопаління серед молоді та більш раннього початку регулярного паління [18].

Водночас особливістю сучасних харчових технологій є використання харчових добавок, що виконують технологічні функції, поліпшують органолептичні властивості харчових продуктів і не завжди є безпечними для здоров'я людини [1]. Однією із найпоширеніших серед них як в Україні, так і у Європі, є натрію глутамат [5]. Реальна загроза одночасного надходження до організму тютюнового диму та натрій глутамату робить вивчення їхньої поєднаної дії особливо актуальним.

Одним з головних наслідків токсичної дії ксенобіотиків є порушення енергетичного забезпечення клітини. Токсичні сполуки, а також продукти ініційованої ними ліпопероксидації порушують окиснення субстратів дегідрогеназами, транспорт електронів по дихальному ланцюгу, спричиняючи роз'єднання дихання і окисного фосфорилування. Незворотні порушення у структурі та функціонуванні мітохондрій, спричинені дією надмірних кількостей активних форм кисню, зумовлюють зміни енергетичного метаболізму в бік інтенсифікації гліколізу та пригнічення окисного фосфорилування [7, 10].

Метою дослідження було встановити ступінь порушення енергозабезпечення у щурів різної статі та віку за дії тютюнового диму на тлі застосування натрій глутамату.

### Матеріал і методи досліджень

Досліди проведені на 32 безпородних статевозрілих білих щурах-самцях з початковою масою 180-200 г, 32 безпородних статевозрілих білих щурах-самках з початковою масою 180-200 г та 32 безпородних статевонезрілих білих щурах-самцях з початковою масою 60-80 г.

Кожну групу тварин позділяли ще на чотири підгрупи: I – контроль (n=8); II – щури, яким моделювали «пасивне тютюнопаління» (n=8); III – щури, яким вводили натрій глутамат (n=8); IV – щури, яким моделювали «пасивне тютюнопаління» на тлі введення натрій глутамату (n=8).

Моделювали «пасивне тютюнопаління» шляхом розміщення щурів у спеціально сконструйовану камеру з оргскла, яку наповнювали тютюновим димом. Розрахунок еквівалентної дози нікотину і часу експозиції тварин тютюновим димом проводили на підставі апробованої моделі А.С. Соломіної [13] і розрахунків Л.В. Лізурчик та О.В. Шейди [11]. Задимлення камери здійснювали спалюванням двох цигарок «Прима срібна (червона)» (смоли – 10 мг/сиг., нікотин – 0,8 мг/сиг.).

Піддослідні щури проходили процедуру «пасивного паління» двічі упродовж доби по 30 хв. Тривалість експерименту становила 30 днів.

Щурам другої дослідної групи упродовж 30-ти днів внутрішньошлунково вводили глутамат натрію в дозі 30 мг/кг, розчинений в 0,5 мл дистильованої води кімнатної температури [14].

Щурам третьої дослідної групи моделювали «пасивне тютюнопаління» і вводили натрій глутамат. Всі маніпуляції з експериментальними тваринами проводили із дотриманням правил відповідно до «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» [15].

Оцінку біоенергетичних процесів у лейкоцитах здійснювали за сукцинатдегідрогеназною активністю (СДГ, КФ 1.3.99.1), яку вивчали за реакцією відновлення фериціаніду калію, розчин якого має жовте забарвлення, до безбарвного фероціаніду калію сукцинатом під дією СДГ [6] та цитохромоксидазною активністю (ЦО, КФ 1.9.3.1) за реакцією окиснення диметил-п-фенілендіаміну [9].

Статистичну обробку цифрових даних здійснювали за допомогою програмного забезпечення «Excel» (Microsoft, США) та «STATISTICA» 6.0. («Statsoft», США) з використанням параметричних та непараметричних методів оцінки отриманих даних. Для всіх показників розраховували значення середньої арифметичної вибірки (M), її дисперсії і помилки середньої (m). Достовірність різниці значень між незалежними кількісними величинами визначали при нормальному розподілі за t-критерієм Стьюдента, в інших випадках – за допомогою U-критерію Манна-Уїтні (достовірними вважали відмінності при  $p < 0,05$ ).

### Результати досліджень та їх обговорення

Дихальний ланцюг є основним внутрішньоклітинним джерелом генерації активних форм кисню (АФО), а активність сукцинатдегідрогенази як компонента II комплексу дихального ланцюга в значній мірі визначає швидкість використання кисню і синтезу АТФ в мітохондріях [2, 3]. Як сукцинатдегідрогеназа, так і цитохромоксидаза визначають функціонування ланцюга перетворень енергетичних субстратів [4].

Проведені дослідження показали, що сукцинатдегідрогеназна активність у мітохондріях лейкоцитів статевозрілих самців за пасивного тютюнопаління достовірно знизилась на 26,6 % щодо цього показника у щурів контрольної групи (табл. 1). Пасивне тютюнопаління на тлі застосування натрій глутамату супроводжується ще значнішим зниженням сукцинатдегідрогеназної активності (на 47,1 %,  $p < 0,001$ ) щодо цього показника у щурів контрольної групи, що на 27,9 % ( $p < 0,001$ ) нижче показника за ізольованої дії тютюнового диму. При цьому, тривале введення натрій глутамату зумовило менш виражене зниження сукцинатдегідрогеназної активності (на 17,2 %,  $p < 0,02$ ) порівняно з значеннями цього показника у контрольних щурів.

У статевозрілих самок пасивне тютюнопаління супроводжується зниженням сукцинатдегідрогеназної активності у мітохондріях лейкоцитів крові на 39,8 % ( $p < 0,001$ ) щодо цього показника у щурів контрольної групи. Пасивне тютюнопаління на тлі застосування натрій глутамату супроводжується ще значнішим зниженням сукцинатдегідрогеназної активності (на 62,1 %,  $p < 0,001$ ) щодо цього показника у щурів контрольної групи, що на 37,1 % ( $p < 0,001$ ) нижче показника за ізольованої дії тютюнового диму. При цьому, тривале введення натрій глутамату зумовило зниження сукцинатдегідрогеназної активності лише на 9,6 % ( $p < 0,05$ ) порівняно з значеннями цього показника у контрольних щурів.

Вплив «пасивного тютюнопаління» і натрій глутамату на показники енергозабезпечення лейкоцитів статевозрілих щурів ( $M \pm m$ ,  $n=8$ )

Показник	Група тварин			
	Контроль	Пасивне тютюнопаління	Натрій глутамат	Пасивне тютюнопаління + Натрій глутамат
Статевозрілі щури-самці				
СДГ, нмоль / (мг $\times$ хв)	2,44 $\pm$ 0,09	1,79 $\pm$ 0,09 $p_1 < 0,001$	2,02 $\pm$ 0,10 $p_1 < 0,02$	1,29 $\pm$ 0,07 $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,001$
ЦО, нмоль/ (мг $\times$ хв)	2,00 $\pm$ 0,07	1,69 $\pm$ 0,09 $p_1 < 0,05$	1,79 $\pm$ 0,05 $p_1 < 0,05$	1,45 $\pm$ 0,07 $p_1 < 0,001$ $p_2 > 0,05$
Статевозрілі щури-самки				
СДГ, нмоль/ (мг $\times$ хв)	2,51 $\pm$ 0,08	1,51 $\pm$ 0,07 $p_1 < 0,001$	2,27 $\pm$ 0,06 $p_1 < 0,05$	0,95 $\pm$ 0,05 $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,001$
ЦО, нмоль/ (мг $\times$ хв)	2,07 $\pm$ 0,09	1,57 $\pm$ 0,06 $p_1 < 0,001$	2,03 $\pm$ 0,08 $p_1 > 0,05$	1,29 $\pm$ 0,04 $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,05$
Статевонезрілі щури-самці				
СДГ, нмоль/ (мг $\times$ хв)	2,91 $\pm$ 0,08	1,66 $\pm$ 0,11 $p_1 < 0,001$	2,12 $\pm$ 0,08 $p_1 < 0,001$	0,85 $\pm$ 0,04 $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,001$
ЦО, нмоль/ (мг $\times$ хв)	2,19 $\pm$ 0,07	1,49 $\pm$ 0,04 $p_1 < 0,001$	1,79 $\pm$ 0,04 $p_1 < 0,002$	1,01 $\pm$ 0,05 $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,001$
Примітки: 1. $p_1$ – зміни достовірні щодо показників контрольних тварин; 2. $p_2$ – достовірність змін між групою з пасивним тютюнопалінням і щурами, яким моделювали пасивне тютюнопаління і вводили натрій глутамат.				

Щодо статевих відмінностей, то сукцинатдегідрогеназна активність у самок перевищувала її показники у статевозрілих самців: за «пасивного тютюнопаління» – на 13,2 %, за «пасивного тютюнопаління» на тлі натрій глутамату – на 15,0%. За введення натрій глутамату сукцинатдегідрогеназна активність була нижчою на 7,6% щодо показника у статевозрілих самців.

У статевонезрілих самців пасивне тютюнопаління супроводжується зниженням сукцинатдегідрогеназної активності у лейкоцитах на 42,9% ( $p < 0,001$ ) щодо щурів контрольної групи. Пасивне тютюнопаління на тлі застосування натрій глутамату супроводжується більш вираженим зниженням сукцинатдегідрогеназної активності (у 3,4 раза,  $p < 0,001$ ) щодо щурів контрольної групи, що на 48,8 % ( $p < 0,001$ ) нижче від значень цього показника за ізольованої дії тютюнового диму. При цьому, тривале введення натрій глутамату зумовило менш виражене зниження сукцинатдегідрогеназної активності (на 27,1 %,  $p < 0,001$ ) порівняно з показником у контрольних щурів.

З віком у статевонезрілих самців інтенсивність змін сукцинатдегідрогеназної активності перевищувала показники статевозрілих самців усіх дослідних груп: за «пасивного тютюнопаління» – на 16,3 %, за введення натрій глутамату – на 9,9 %, за «пасивного тютюнопаління» на тлі натрій глутамату – на 23,7 %.

Односпрямовані зміни зафіксовані нами і щодо цитохромоксидази. За пасивного тютюнопаління її активність у статевозрілих самців знизилась на 15,5 % ( $p < 0,05$ ) щодо щурів контрольної групи. Пасивне тютюнопаління на тлі натрій глутамату також супроводжується

зниженням цитохромоксидазної активності (на 27,5 %,  $p < 0,001$ ) щодо щурів контрольної групи, що достовірно не відрізнялося від даного показника за умови ізольованої дії тютюнового диму. При цьому тривале введення натрій глутамату зумовило зниження активності ензиму (на 10,5 %,  $p < 0,05$ ) порівняно з показником у контрольних щурів.

У статевозрілих самок пасивне тютюнопаління супроводжується зниженням цитохромоксидазної активності на 24,1 % ( $p < 0,001$ ) щодо щурів контрольної групи. Пасивне тютюнопаління на тлі застосування натрій глутамату супроводжується ще більшим зниженням цитохромоксидазної активності (на 37,7 %,  $p < 0,001$ ) щодо щурів контрольної групи, що на 17,8 % ( $p < 0,05$ ) нижче цього показника за ізольованої дії тютюнового диму. При цьому тривале введення натрій глутамату достовірно не знижувало цитохромоксидазної активності порівняно з контрольними щурами.

У статевозрілих самців цитохромоксидазна активність перевищувала значення показників молодих тварин за «пасивного тютюнопаління» на 8,6 %, за «пасивного тютюнопаління» на тлі натрій глутамату – на 10,2 %.

У статево незрілих самців пасивне тютюнопаління супроводжується зниженням цитохромоксидазної активності на 32,0 % ( $p < 0,001$ ) щодо щурів контрольної групи. Пасивне тютюнопаління на тлі застосування натрій глутамату супроводжується зниженням цитохромоксидазної активності (на 53,9 %,  $p < 0,001$ ) щодо щурів контрольної групи, що на 32,2 % ( $p < 0,001$ ) нижче значень цього показника за ізольованої дії тютюнового диму. При цьому, тривале введення натрій глутамату знижує цитохромоксидазну активність (на 18,3 %,  $p < 0,002$ ) порівняно з значенням показника у контрольних щурів.

У статево незрілих самців інтенсивність змін цитохромоксидазної активності перевищувала показники статевозрілих самців усіх дослідних груп: за «пасивного тютюнопаління» – на 16,5 %, за введення натрій глутамату – на 7,8 %, за «пасивного тютюнопаління» на тлі натрій глутамату – на 26,4 %.

Отже, інтенсивність процесів енергозабезпечення за пасивного тютюнопаління на тлі застосування натрій глутамату достовірно знижується у тварин усіх дослідних груп, що в кінцевому результаті призводить до енергетичного виснаження.

Сповільнення процесів клітинного дихання та порушення енергетичного обміну клітин можуть бути спричинені ендотоксикозом та оксидативним стресом. Механізми тютюноіндукованого оксидативного стресу в першу чергу пов'язані з тим, що в тютюновому димі є речовини, які безпосередньо є джерелом активних форм кисню (супероксид аніон радикал, гідроген пероксид, гідроксильний радикал). Згідно з даними Янбаєвої Д.Г. та співавт. [24] тютюновий дим містить  $10^{17}$  молекул оксидантів на один вдих. Багато компонентів тютюнового диму можуть накопичуватися порушувати функцію дихального ланцюга, тим самим впливаючи на клітинну генерацію АТФ. Зокрема, СО може взаємодіяти з компонентами дихального ланцюга мітохондрій і пригнічувати цитохромоксидазу [20].

За введення натрій глутамату дихальний ланцюг мітохондрій є основним джерелом АФО. Крім того, збільшення позаклітинного рівня глутамату підвищує продукцію гідроксильних радикалів. Дослідження Sharma A. [19] показали підвищену активність  $\alpha$ -кетоглутаратдегідрогенази за застосування натрій глутамату. Генерація АФО  $\text{Ca}^{2+}$ -навантаженими поляризованими мітохондріями виснажує антиоксидантний потенціал клітини, що зумовлює остаточне порушення цитоплазматичного гомеостазу кальцію, що, в свою чергу, спричинює вивільнення цитохрому С, зміну окисно-відновного потенціалу та посилення генерації супероксид аніон радикалу [21]. З іншого боку, підвищена концентрація позаклітинного глутамату запобігає поглинанню цистеїну клітинами через функціонування системи цистеїн/глутамат, що зумовлює виснаження внутрішньоклітинних резервів цистеїну та глутатіону [22]. Зниження вмісту глутатіону також сприяє надмірному накопиченню АФО, що негативно впливає на структуру та функції мітохондрій. Дослідження S. Wu показали, що оксидативний стрес може призвести навіть до фрагментації мітохондрій [22].

Дослідження S. Kumari та співавторів [16] свідчить про те, що токсичність глутамату пов'язана з гіперполяризацією мітохондріальної мембрани, збільшенням продукції АФО,

підвищеним споживанням кисню мітохондріями, порушенням динамічного балансу мітохондрій аж до розщеплення та активації аутофагії.

Отже, отримані дані свідчать про те, що введення натрій глутамату підсилює прооксидний ефект тютюнового диму та порушує енергозабезпечення клітин.

### Висновки

Пасивне тютюнопаління на тлі застосування натрій глутамату у статевозрілих щурів-самців супроводжується виразним пригніченням процесів енергозабезпечувального окиснення, про що свідчить зниження сукцинатдегідрогеназної активності у лейкоцитах на 47,1% ( $p < 0,001$ ) щодо щурів контрольної групи, що на 27,9 % ( $p < 0,001$ ) нижче даного показника за ізольованої дії тютюнового диму, та зниження цитохромоксидазної активності на 27,5 % ( $p < 0,001$ ) щодо щурів контрольної групи, що достовірно не відрізнялося від даного показника за ізольованої дії тютюнового диму. Процеси енергозабезпечення за пасивного тютюнопаління на тлі застосування натрій глутамату більш виражено знижуються у самок, а при віковому зіставленні змін активностей досліджених ензимів встановлено їх інтенсивніше зниження у статевонезрілих щурів.

1. *Бельтюкова С.В.* Определение глутамата натрия методом тонкослойной хроматографии с люминесцентным детектированием / С.В. Бельтюкова, Е.В. Малинка // Вісник ОНУ. Хімія. — 2016. — Т. 21, №1 (57). — С. 50—58.
2. *Білюк А.* Активність цитохромоксидази та сукцинатдегідрогенази в первинній культурі перещеплюваної карциноми легень Льюїса на різних етапах росту пухлини / А. Білюк, А. Негеля, Л. Гарманчук // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. — 2016. — 2 (21). — С. 81—85.
3. *Волощук О.Н.* Энзиматическая активность компонентов системы энергообеспечения митохондрий лейкоцитов крови в динамике роста карциномы Герена // О.Н. Волощук, М.М. Марченко // Сибирский онкологический журнал. — 2013. — № 6 (60). — С. 36—39.
4. *Василенко О.В.* Энергетический и азотистый обмен у *Chlorella vulgaris* Beij. (Chlorophyta) под влиянием селенита натрия / О.В. Василенко, О.И. Боднар, Г.Б. Винярская, Ю.В. Синюк, В.В. Грубинко // Альгология. — 2014. — № 24 (3). — С. 297—301.
5. *Гончаренко М.В.* Влияние глутамата натрия на развитие микрофлоры и биохимические свойства соленой сельди / М.В. Гончаренко, Д.А. Тюрина, М.Н. Альшевская, В.И. Шендерюк // Вестник АГТУ. Сер. : Рыбное хозяйство. — 2011. — № 2. — С. 143—147.
6. *Ещенко Н.Д.* Определение количества янтарной кислоты и активности сукцинатдегидрогеназы / Н.Д. Ещенко, Г.Г. Вольский // Методы биохимических исследований. — Л.: Изд-во Ленинградского университета. — 1982. — С. 207—210.
7. *Жиденко А.А.* Влияние глифосата на энергетический обмен в органах карпа / А.А. Жиденко, У.В. Бибчук, Е.В. Барбухо // Український біохімічний журнал. — 2013. — Т. 85, № 3. — С. 22—29.
8. *Контроль над тютюном в Україні.* Другий Національний звіт. — К.: МОЗ України, ДУ «Український інститут стратегічних досліджень МОЗ України». — 2014. — 128 с.
9. *Кривченкова Р.С.* Определение активности цитохромоксидазы в суспензии митохондрий / Р.С. Кривченкова. — Современные методы в биохимии, М.: Медицина, 1977. — С. 47—49.
10. *Лихацький П.Г.* Динаміка змін маркерів біоенергетичних процесів та цитолізу у щурів після ураження нітритом натрію на тлі тютюнової інтоксикації / П.Г. Лихацький, Л.С. Фіра, Я.І. Гонський // Вісник проблем біології і медицини. — 2017. — № 2 (136). — С. 147—152.
11. *Лизурчик Л.В.* Влияние табачного дыма на содержание токсичных элементов в организме крыс / Л.В. Лизурчик, Е.В. Шейда // Вестн. ОГУ. — 2014. — № 6 (167). — С. 71—74.
12. *Соломенчук Т.М.* Метаболічні порушення у жінок, хворих на нестабільну стенокардію, залежно від звички паління / Т.М. Соломенчук, А.О. Бедзай, В.В. Процько // Буковинський медичний вісник. — 2017. — Т. 21, № 2 (1). — С. 85—88.
13. *Соломина А.С.* Влияние афобазола на генетическую и репродуктивную токсичность табачного дыма у крыс: дисс. на соискание ученой степени канд. биол. наук : 14.03.06 / Соломина Анна Сергеевна. — М., 2011. — 139 с.
14. *Фалалеева Т.М.* Влияние глипролинов на структурно-функциональное состояние слизистой оболочки желудка и массу тела крыс в условиях длительного введения глутамата натрия / Т.М. Фалалеева, Г.Е. Самонина, Т.В. Береговая, Н.В. Дзюбенко, Л.А. Андреева // Фізика живого. — 2010. — Т. 18, №1. — С. 154—159.

15. *European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes.* — Council of Europe. Strasbourg. — 1986. — № 123. — 52 p.
16. *Kumari S. Glutamate Induces Mitochondrial Dynamic Imbalance and Autophagy Activation: Preventive Effects of Selenium / S. Kumari, S.L. Mehta, P.A. Li // PLoS ONE.* — 2012. — 7 (6). — P. 393—82.
17. *Martell B.N. Disparities in Adult Cigarette Smoking — United States, 2002-2005 and 2010-2013 / B.N. Martell // Morbidity and Mortality Weekly Report.* — 2016. — Vol. 65. — P. 753—758.
18. *Peirson L. Interventions for prevention and treatment of tobacco smoking in school-aged children and adolescents: A systematic review and meta-analysis / L. Peirson // Preventive Medicine.* — 2016. — Vol. 85. — P. 20—31.
19. *Sharma A. Monosodium glutamate-induced oxidative kidney damage and possible mechanisms: a mini-review / A. Sharma // Journal of Biomedical Science.* — 2015. — Vol. 22. — P. 93.
20. *Toorn MVD. Cigarette smoke-induced mitochondrial dysfunction and oxidative stress in. s.n.* — 2009. — 152 p.
21. *Ward M.W. Mitochondrial Membrane Potential and Glutamate Excitotoxicity in Cultured Cerebellar Granule Cells / M.W. Ward, A.C. Rego, B.G. Frenguelli, D.G. Nicholls // J. Neurosci.* — 2000. — Vol. 20 (19). — P. 7208—7219.
22. *Wu S. Mitochondrial oxidative stress causes mitochondrial fragmentation via differential modulation of mitochondrial fission-fusion proteins / S. Wu, F. Zhou, Z. Zhang, D. Xing // FEBS J.* — 2011. — Vol. 278. — P. 941—954.
23. *Xu X. Annual Healthcare Spending Attributable to Cigarette Smoking / X. Xu// American Journal of Preventive Medicine.* — 2015. — Vol. 48 (3). — P. 326—333.
24. *Yanbaeva D.G. Systemic effects of smoking / D.G. Yanbaeva, M.A. Dentener, E.C. Creutzberg, G. Wesseling, E.F. Wouters // Chest.* — 2007. — Vol. 131 (5). — P. 1557—1566.

*A. V. Rutska, I. Y. Krynytska*

I. Horbachevsky Ternopil State Medical University, Ukraine

#### ENERGY METABOLISM IN RATS AFFECTED BY TOBACCO SMOKE AND LONG-TERM ADMINISTRATION OF MONOSODIUM GLUTAMATE: SEX AND AGE ASPECTS

*Aim of research.* To examine the processes of energy supply in rats exposed to tobacco smoke against the background of the use of monosodium glutamate in the sex and age aspects.

*Object and research methods.* Experiments were performed on 96 white mature and immature rats of both sexes, which were kept on a standard vivarium diet.

Each group of animals was divided into four subgroups: I – control (n = 8); II – rats with modeled passive tobacco smoking (n = 8); III – rats, which were injected with monosodium glutamate (n = 8); IV – rats with modeled passive tobacco smoking combined with the monosodium glutamate injection (n = 8).

*Research results and their interpretation.* It was established that passive smoking against the use of monosodium glutamate in mature male rats is accompanied by a marked inhibition of processes of energy supplying oxidation, as indicated by decrease of succinate hydrogenase activity in the mitochondria of leukocytes by 47.1% (p <0.001) relative to the control group, which is 27.9% (p<0.001) below this indicator, with the isolated effect of tobacco smoke and a decrease in cytochrome oxidase activity by 27.5% (p<0.001) relative to the control group, which did not significantly differ from this indicator provided isolated exposure to tobacco smoke.

*Conclusions.* Taking into consideration the aspect of sex, the metabolic processes as influenced by passive smoking and monosodium glutamate are more pronounced in females, and with the age-old comparison of changes in the activity of these enzymes, their more intense reduction for immature rats.

*Key words:* tobacco smoke, monosodium glutamate, energy supply, rats

Рекомендує до друку

В. В. Грубінко

Надійшла 05.09.2018

УДК 575.17.+591.557:595.773.4

С. В. СЕРГА, С. В. ДЕМИДОВ, І. А. КОЗЕРЕЦЬКА

ННЦ «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
вул. Володимирська 64, Київ, Україна, 01601

## **ЕНДОСИМБІОТИЧНІ БАКТЕРІЇ *WOLBACHIA* ТА КІЛЬКІСТЬ ОВАРІОЛ У САМОК *DROSOPHILA MELANOGASTER***

Бактерії роду *Wolbachia* – це ендосимбіотичні альфа-протеобактерії, які передаються здебільшого трансovarіально та інфікують велику кількість видів безхребетних. Успіх бактерій у природних популяціях видів-живителів зазвичай пояснюється впливом *Wolbachia* на репродукцію або пристосованість інфікованих особин. *Wolbachia* інфікують популяції *Drosophila melanogaster* по всьому світі, однак однозначної відповіді на питання про вплив бактерій на пристосованість чи репродукцію плодової мушки до сих пір не отримано. У даній роботі вперше оцінюється вплив *Wolbachia* на такий важливий кількісний показник репродуктивної здатності як кількість оваріол у яєчниках, що може впливати на кількість нащадків, а отже, і поширення бактерій у популяціях. Встановлено, що інфікування *Wolbachia* генотипів wMel та wMelCS призводить до збільшення кількості оваріол приблизно в 2 рази в ізосамкових лініях, започаткованих самками з природної популяції дрозофіли Умані.

*Ключові слова:* *Wolbachia*, *Drosophila melanogaster*, кількість оваріол, Умань

**Вступ.** Бактерії роду *Wolbachia* – це ендосимбіотичні альфа-протеобактерії, які передаються здебільшого трансovarіально та інфікують велику кількість видів безхребетних. [1, 2]. У більшості випадків успіх бактерій у популяції пояснюється впливом на репродукцію виду-живителя. *Wolbachia* здатні викликати модифікації статевого розмноження, такі як цитоплазматична несумісність, андроцид, фемінізація генетичних самців і перехід до партеногенезу [3]. Тип репродуктивних модифікацій та особливості впливу бактерій залежать як від штаму *Wolbachia*, так і від генотипу живителя [4].

*Wolbachia* ідентифіковані у низки видів дрозофілід [5] та викликають в їх представників цитоплазматичну несумісність або андроцид, що можуть обумовлювати високі частоти інфікування імаго [6]. Так, у популяціях *Drosophila simulans*, інфікованих штамом wRi, для якого характерні високі рівні цитоплазматичної несумісності, зазвичай частота інфікування складає 98-100% [7]. Проте не у всіх видів дрозофіл спостерігаються високі рівні цитоплазматичної несумісності або андроцид. Для таких штамів як wMel (інфікує *Drosophila melanogaster*) та wSuz (інфікує *Drosophila suzukii*) характерні низькі рівні цитоплазматичної несумісності та варіабельні частоти інфікування представників природних популяцій [8, 9, 10]. У таких випадках підтримання бактерій у популяції зазвичай пояснюють впливом *Wolbachia* на пристосованість інфікованих особин [3, 6].

Причини успіху *Wolbachia* в природних популяціях, інфікованих такими штамми бактерій, не завжди вдається виявити однозначно [11, 12]. Так, в роботі Фрай та співавторів (2004) було показано, що ефекти інфікування *Wolbachia* залежать від лінії *D. melanogaster*. У частини ліній інфікування *Wolbachia* обумовлює підвищення виживання або фекандильності, у частини – навпаки. Подібні неоднозначні результати зустрічаються і в інших роботах, що стосуються аналізу параметрів пристосованості дрозофіл [13, 14, 15, 16]. Отже, питання підтримання інфікування *Wolbachia* в природних популяціях *D. melanogaster* залишається відкритим.

Кількість оваріол – це кількісна ознака у комах, яка впливає на репродуктивний успіх [17]. Кількість оваріол впливає на число відкладених яєць у певні періоди життя комах (особливо на початку життя), а отже, і на кількість нащадків [18]. Крім того, ознака характеризується генетичною складовою [19] та клинальністю [18], що вказує на вплив добору на неї. *Wolbachia* інфікують гонади дрозофіл від найперших стадій розвитку, тому можуть потенційно впливати на даний показник. Проте вплив *Wolbachia* на кількість оваріол раніше не



досліджувався, хоча відомі ефекти бактерій на фекандильність дрозофіл [15]. Одним з механізмів підвищення кількості нащадків у інфікованих особин може бути збільшення кількості оваріол. Метою роботи було оцінити вплив *Wolbachia* на кількість оваріол у ізосамкових ліній *D. melanogaster* з природної популяції м. Умань.

### Матеріал і методи досліджень

*Лінії D. melanogaster та обробка тетрацикліном.* У роботі використовувалися ізосамкові лінії дрозофіли (Ум 8-12, Ум 15-12 та Ум 25-12), які були започатковані з представниками природної популяції м. Умань (48°45'45.26"N–30°14'38.97"E) у 2012 році. Ця популяція характеризується інфікуванням двома генотипами *Wolbachia* – wMel та wMelCS [15]. Лінія Ум 8-12 інфікована генотипом wMel, лінія Ум 25-12 – генотипом wMelCS, а лінія Ум 15-12 – не інфікована бактерією.

Для отримання генетично ідентичних інфікованих та неінфікованих ліній ми застосували обробку антибіотиком. Для цього всі лінії утримували на середовищі з додаванням антибіотика тетрацикліну у концентрації 0,25 мг/мл протягом двох поколінь. Для усунення можливих ефектів антибіотика на досліджувану ознаку, лінії утримувались на стандартному середовищі (на 1 літр води 6 г агару, 15 г дріжджів, 50 г цукру, 55 г манної крупи) протягом двох поколінь до початку експериментів [12]. Після цього лінії перевірялись на наявність *Wolbachia* методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР). Неінфіковану лінію Ум 15-12 брали у експеримент для контролю можливих ефектів антибіотика на показник.

*Виявлення та типування Wolbachia.* Виділення ДНК проводили з 10-15 особин кожної лінії методом висолування білків [20]. Наявність *Wolbachia* визначали методом ПЛР з використанням праймерів, специфічних до генів *16S rRNA* [21] та *wsp* [22]. Кожну реакцію проводили двічі.

Генотипування *Wolbachia* проводили методом ПЛР за кількістю мінісателітних повторів VNTR-141, VNTR-105 та наявністю інсерцій елемента IS5 у локусах WD0516/7 та WD1310 як описано у Ріглер та ін. (2005) [23].

*Оцінка кількості оваріол.* Мухи усіх ліній розсаджували у пробірки по 5 самок та 2 самці на 6 годин для відкладання яєць. Після 6 годин їх витрушували з пробірок та отримували нащадків з нанесених яєць, контролюючи кількість личинок на рівні приблизно 50 штук на пробірку. Отриманих нащадків (самок) відбирали та утримували до віку 7 діб. Після цього самок розрізали та візуально аналізували кількість оваріол під стереомікроскопом. Кількість оваріол підраховувалася як сума кількості оваріол у кожному яєчнику. Кількість оваріол у різних лініях порівнювали за допомогою критерію Манна-Вітні [24].

### Результати досліджень та їх обговорення

У дослідження були обрані ізосамкові лінії *D. melanogaster*, які інфіковані різними генотипами *Wolbachia*, а саме wMel та wMelCS. Відомо, що дані генотипи характеризуються різним впливом на фекандильність дрозофіли. Мухи, інфіковані генотипом wMel, несуть достовірно більшу кількість яєць, ніж інфіковані генотипом wMelCS або неінфіковані [15]. Результати аналізу кількості оваріол у досліджених ліній на стандартному середовищі та на середовищі з додаванням антибіотика наведено у таблиці.

Таблиця

Кількість оваріол у самок з ізосамкових ліній, інфікованих різними генотипами *Wolbachia*

Лінія	Статус інфікування	Стандартне середовище	Середовище з тетрацикліном	U	p
Ум 25-12	wMelCS	21±3,9	9,9±1	4	p<0,01
Ум 8-12	wMel	31,3±1,5	18,2±3	2	p<0,01
Ум 15-12	Не інфікована	12,3±1,5	12,3±0,9	16	p>0,05

*Примітки:* U – значення критерію Манна-Вітні отримані при порівнянні кількості оваріол у самок на стандартному середовищі та самок, які лікували тетрацикліном

Як свідчать результати, наведені в таблиці, самки, інфіковані будь-яким генотипом *Wolbachia*, характеризуються достовірно більшою кількістю оваріол порівняно з самками того ж генотипу, але неінфікованими бактерією. Самки лінії Ум 8-12 характеризуються більшою кількістю оваріол у порівнянні з самками лінії Ум 25-12 ( $U=6$ ,  $p \leq 0,05$ ), проте різниця на межі достовірності. Відмінність у кількості оваріол у цих ліній може обумовлюватись як генетичними особливостями ліній, так і генотипами *Wolbachia*.

Отриманий результат є першим кроком у розумінні механізмів впливу *Wolbachia* на фекандильність *D.melanogaster*. І хоча кількість оваріол не завжди однозначно корелює з підвищенням кількості нащадків [18], однією з причин більшої плодючості інфікованих *Wolbachia* особин може бути саме вплив бактерій на кількість оваріол у яєчниках. Цікаво, що інфікування двома генотипами, які характеризуються різними впливами на фекандильність, призводить до однакового ефекту. Хоча у даному випадку потребується аналіз фекандильності разом з кількістю оваріол у одних і тих самих ліній, а також аналіз фекандильності у різні періоди життя мух.

### Висновок

Наявність бактерій *Wolbachia* генотипів wMel та wMelCS призводить до збільшення кількості оваріол у інфікованих самок *Drosophila melanogaster* приблизно в 2 рази.

1. Werren J.H. *Wolbachia*: master manipulators of invertebrate biology/ J.H. Werren, L. Baldo, M.E. Clark // Nat. Rev. Microbiol. — 2008. — Vol. 6. — P. 741—751. DOI 10.1038/nrmicro1969.
2. The diversity of reproductive parasites among arthropods: *Wolbachia* do not walk alone / O. Duron, D. Bouchon, S. Boutin [et al.] // BMC Biology. — 2008. — Vol. 6, № 27. - doi: 10.1186/1741-7007-6-27.
3. O'Neill S.L. Influential passengers: inherited microorganisms and arthropod reproduction / S.L. O'Neill, A.A. Hoffmann, J.H. Werren // Oxford University Press., 1997. — 214 p.
4. Loss of reproductive parasitism following transfer of malekilling *Wolbachia* to *Drosophila melanogaster* and *Drosophila simulans* / Z. Veneti, S. Zabalou, G. Papafotiou [et al.] // Heredity. — 2012. — Vol. 109. P. 306—312.
5. Heritable endosymbionts of *Drosophila* / M. Mateos, S.J. Castrezana, B.J. Nankivell [et al.] // Genetics. — 2006. — Vol. 174. — P. 363—376.
6. Серга С. Загадка распространения *Wolbachia* в природных популяциях *Drosophila melanogaster* / Светлана Серга, Ирина Козерецкая // Журнал общей биологии. — 2013. — Т. 74, № 2. — С.99—111.
7. Ballard J.W.O. Sequential evolution of a symbiont inferred from the host: *Wolbachia* and *Drosophila simulans* / J. W.O Ballard // Molecular Biology and Evolution. — 2004. — Vol. 21, № 3. — P. 428—442.
8. Hoffmann A.A. Partial cytoplasmic incompatibility between two Australian populations of *Drosophila melanogaster* / A.A. Hoffmann // Entomologia Experimentalis et Applicata. — 1988. — Vol. 48. — P. 61—67.
9. Solignac M. Widespread occurrence of the proteobacteria *Wolbachia* and partial cytoplasmic incompatibility in *Drosophila melanogaster* / M. Solignac, D. Vautrin, F. Rousset // Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. — 1994. — Vol. 317. — P. 461—470.
10. *Wolbachia* do not live by reproductive manipulation alone: infection polymorphism in *Drosophila suzukii* and *D. subpulchrella* / C.A. Hamm, D.J. Begun, A. Vo [et al.] // Molecular Ecology. — 2014. — Vol. 23. — P. 4871—4885.
11. Harcombe W. *Wolbachia* effects in *Drosophila melanogaster*: in search of fitness benefits / W. Harcombe, A.A. Hoffmann // Journal of Invertebrate Pathology. — 2004. — Vol. 87. — P. 45—50.
12. Fry A.J. Variable fitness effects of *Wolbachia* infection in *Drosophila melanogaster* / Fry A.J., M.R. Palmer, D.M. Rand // Heredity. — 2004. — Vol. 93. — P. 379—389.
13. *Drosophila melanogaster* inhabiting northern regions of European Russia are infected with *Wolbachia* which adversely affects their life span / N.V. Roshina, A.V. Symonenko, A.V. Kremntsova [et al.] // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii=Vavilov Journal of Genetics and Breeding. — 2018. — Vol. 22, № 5. — P. 568573. DOI 10.18699/VJ18.396.
14. Removing endosymbiotic *Wolbachia* specifically decreases lifespan of females and competitiveness in a laboratory strain of *Drosophila melanogaster*/ I.D. Alexandrov, M. V. Alexandrova, I.I. Goryacheva [et al.]// Russ J Genet. — 2007. — Vol. 43. — P. 1147—1152.
15. Fecundity as one of possible factors contributing to the dominance of the wMel genotype of *Wolbachia* in natural populations of *Drosophila melanogaster* / S. Serga, O. Maistrenko, A. Rozhok [et al.]// Symbiosis. - 2014. — Vol. 63, № 1. — P. 11—17. doi: 10.1007/s13199-014-0283-1.

16. *Should symbionts be nice or selfish? Antiviral effects of Wolbachia are costly but reproductive parasitism is not* / J. Martinez, S. Ok, S. Smith [et al.] // PLOS Pathog. — 2015. — Vol. 11. — P. e1005021.
17. *Reproductive and post-reproductive life history of wild-caught Drosophila melanogaster under laboratory conditions* / P. Klepsatel, M. Galikova, N. De Maio [et al.] // J. Evol. Biol. — 2013. — Vol. 26. — P. 1508—1520.
18. *Geographic variation in diapause incidence, life-history traits, and climatic adaptation in Drosophila melanogaster* / P. S. Schmidt, L. Matzkin, M. Ippolito, W. F. Eanes. // Evolution. — 2005. — Vol. 59. — P. 1721—1732.
19. *Quantitative trait loci affecting phenotypic plasticity and the allometric relationship of ovariole number and thorax length in Drosophila melanogaster* / A.O. Bergland, A. Genissel, S. V. Nuzhdin, M. Tatar // Genetics. — 2008. — Vol. 180. — P. 567—582.
20. *Aljanabi S. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR- based techniques* / S. Aljanabi // Nucleic Acids Res. — 1997. — Vol. 25, № 22. — P. 4692—4693. doi:10.1093/nar/25.22.4692
21. *16S rRNA phylogenetic analysis of the bacterial endosymbionts associated with cytoplasmic incompatibility in insects* / S.L. O'Neill, R. Giordano, A.M.E. Colbert [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. — 1992. — Vol. 89. — P. 2699—2702.
22. *Zhou W. Phylogeny and PCR-based classification of Wolbachia strains using wsp gene sequences* / W. Zhou, F. Rousset, S. O'Neil // Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences. — 1998. — Vol. 265. — P. 509—515.
23. *Evidence for global Wolbachia replacement in Drosophila melanogaster* / M. Riegler, M. Sidhu, W.J. Miller, S.L. O'Neill // Current Biology. — 2005. — Vol. 15. — P. 1428—1433.
24. *Атраментова Л.О. Статистичні методи в біології: Підручник* / Л.О. Атраментова, О. Утевська. — Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007. — 288 с.

S. V. Serga, S. V. Demidov, I. A. Kozeretska

ESC «The Institute of Biology and Medicine» Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

#### ENDOSYMBIOTIC BACTERIA WOLBACHIA AND OVARIOLE NUMBER IN DROSOPHILA MELANOGASTER FEMALES

*Wolbachia* are endosymbiotic alpha-proteobacteria, predominantly transmitted transovarially and infect a large number of invertebrates. The success of infection with these bacteria in natural populations of host species can be explained by the influence of *Wolbachia* on reproduction or fitness of infected individuals. *Wolbachia* infect *Drosophila melanogaster* populations worldwide, although the univocal effect of bacteria on the fitness or reproduction of the fruit fly has not been identified. In this work, we first estimated the effect of *Wolbachia* on such an important quantitative indicator of reproduction success as the ovariole number in the ovaries, which can affect the number of offspring, and therefore the spread of bacteria in the host population. In this study were involved two isofemale lines of *D. melanogaster*, which are infected with various *Wolbachia* genotypes, namely wMel and wMelCS. It is known that these genotypes have different effects on the fecundity of *Drosophila*. To obtain genetically identical infected and uninfected lines, we applied antibiotic treatment. The ovariole number was compared in lines maintained on a standard medium and those that were grown on the medium supplemented with an antibiotic tetracycline. We found that *Wolbachia* infection of the wMel and wMelCS genotypes causes an approximately 2-fold increase in the ovariole number in the isofemale lines from the Uman population.

*Key words: Wolbachia, Drosophila melanogaster, ovariole number, Uman*

Рекомендує до друку

Н. М. Дробик

Надійшла 30.11.2018

УДК 577.21

В. В. ЩЕРБИК, Л. П. БУЧАЦЬКИЙ

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
вул. Володимирська, 64, Київ, Україна, 01033

## **СТАТИСТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИНОНІМІЧНИХ КОДОНІВ У ГЕНОМІ РІЗНИХ ОРГАНІЗМІВ**

На основі інформації, узятій з бази даних Codon Usage Database, встановлено, що для досліджуваних шести груп організмів статистика використання кодонів визначається двома випадковими процесами: процесом Орнштейна – Уленбека і Вінерівським процесом.

*Ключові слова:* вибірковість кодонів, сімейства синонімічних кодонів, GC<sub>3</sub>- показник, інформаційна ентропія, ансамблі організмів

В універсальному генетичному коді кожному триплету нуклеотидів (кодону) відповідає певна амінокислота, але не навпаки – генетичний код вироджений. Це означає, що амінокислоти генетичного коду кодуються кількома кодонами, які є синонімічні. Відповідно до генетичного коду амінокислоти M, W кодуються одним кодоном, амінокислоти C, D, E, F, H, K, N, Q, Y – двома кодонами, амінокислота I і термінатор – трьома кодонами, амінокислоти A, G, P, T, V – чотирма кодонами і амінокислоти L, R, S – шістьма кодонами. Таке розбиття кодонів представляє сімейства синонімічних кодонів, які позначаються як SF (1) ... SF (6) [1].

Нерівне використання синонімічних кодонів серед SF-сімейств отримало назву “вибірковість кодонів” (codon usage bias). Вибірковість кодонів варіює як серед різних геномів, так і усередині одного геному [2]. Згідно з геномною гіпотезою [3], не випадкова перевага кодонів визначається деякою загальною стратегією. Ця стратегія строго індивідуальна для кожного організму. При випадковому розподілі десяти тисяч кодонів їх частоти змінюються на 50%. Для коротких генів варіація частот кодонів ще більша. Нерівномірне використання кодонів – це невід’ємна властивість генів. Тому виділення на цьому фоні зв’язку вибірковості кодонів з яким-небудь біологічним процесом є непростим завданням.

Молекулярні дослідження дозволяють припустити, що вибірковість кодонів виявляється в результаті балансу між мутацією і селекцією трансляції генів; це явище широко розповсюджене серед видів і може внести свій вклад в еволюцію геному [4].

Вибірковість кодонів асоціюється з трьома головними біохімічними процесами, пов’язаними з трансляцією мРНК: ефективність, точність і регуляція [5, 6]. Оптимальна ефективність трансляції досягається взаємною еволюцією вибірковості кодонів і кількістю відповідних тРНК [7 – 10]. Вибірковість кодонів корелює з рівнем експресії генів [11–15] і впливає на точність трансляції [16, 17]. Вибір кодонів визначає вторинну структуру мРНК, яка пов’язана з її стабільністю та ініціацією трансляції [18–20]. Виявлений зв’язок розподілу кодонів із стійкістю до точкових мутацій [21].

Слід зазначити, що кореляція вибірковості кодонів з окремими біохімічними процесами не є постійною для усіх геномів, але змінюється уздовж філогенетичних дерев [22].

Одним з найбільш важливих параметрів, який пояснює відмінність у використанні кодонів між організмами є GC- вміст генів [23–27]. Гени, в яких GC- вміст більший, мають більше кодонів, що закінчуються на G або C. GC-вміст генів є параметром, який пов’язаний з внутрішніми і зовнішніми силами, що формують будову геному. Оскільки GC-багаті гени мають більшу довжину, то і дія на них еволюційних сил більша, ніж на GC- бідні гени. GC-вміст може бути корисним для порівняння геномів при визначенні областей горизонтального перенесення генів.

Метою цієї роботи є визначення можливих випадкових процесів, які призводять до вибірковості кодонів.

**Матеріал і методи досліджень**

Початкові дані щодо використання кодонів узяті з бази даних Codon Usage Database [28]. Усі організми були розподілені по шести групах (табл. 1). Органели хлоропласти і мітохондрії визначені як несаможивні організми.

Нижній рівень кількісного вмісту кодонів у геномі для вибраного організму визначався за кількістю нульових значень у таблиці з 64-х кодонів генетичного коду. Як правило, число нулів не перевищувало трьох.

Такий підхід не є абсолютно точним за визначенням розміру вибірки числа організмів у кожній групі, але збільшення нижнього порогу значущості може тільки зменшити кількість вибраних організмів; тим більше для більшої частини організмів вміст кодонів явно більше порогу. Для хлоропластів поріг менший, оскільки вміст кодонів у них розподілений більш рівномірно за генетичним кодом.

Таблиця 1

Групи вибраних організмів

Групи організмів	Мінімум кодонів	Кількість організмів
Хребетні	1000	706
Безхребетні	1000	921
Рослини	1000	1524
Хлоропласти	500	5680
Бактерії	1000	2682
Мітохондрії	1000	2326

**Результати досліджень та їх обговорення**

**GC- вміст кодонів в геномі різних груп організмів**

На рис. 1 наводиться статистика відсоткового вмісту кодонів, що закінчуються на G або C (GC<sub>3</sub>%) у різних груп організмів.

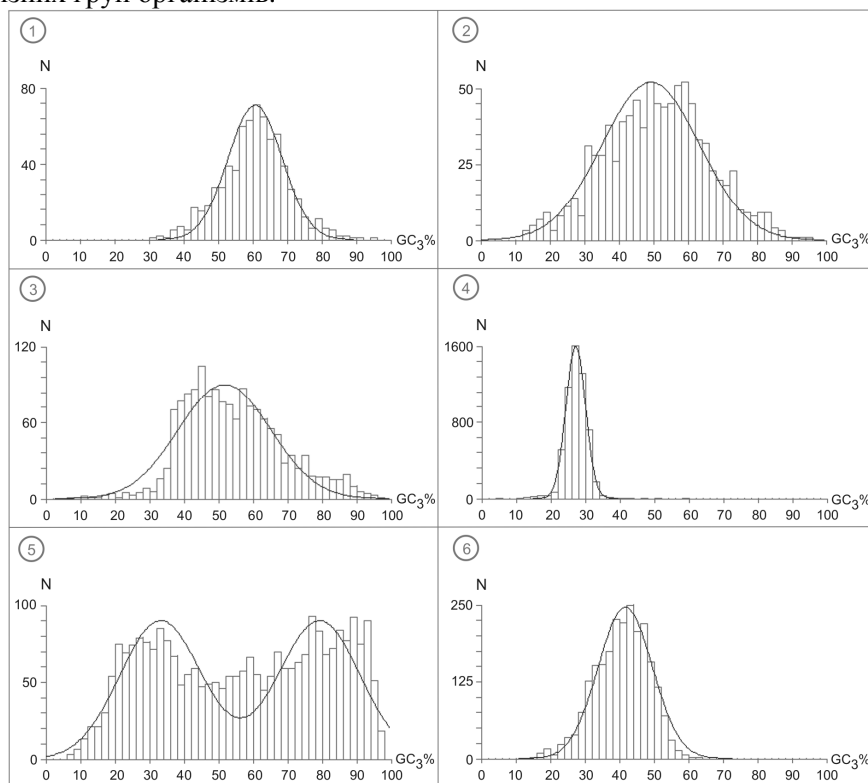


Рис. 1. Розподіл організмів (N) по GC<sub>3</sub>%-вмісту кодонів (Гаусові криві). Крок квантування 2 %. 1 – хребетні, 2 – безхребетні, 3 – рослини, 4 – хлоропласти, 5 – бактерії, 6 – мітохондрії хребетних.

Розподіл по GC<sub>3</sub> -вмісту кодонів визначається процесом Орнштейна – Уленбека, який є стаціонарним процесом [29]. При відхиленні числа організмів від стаціонарного значення 50 % дисперсія розподілу зменшується. Для бактерій чітко видно бімодальний розподіл – тут стаціонарним значенням 50 % є абсолютна різниця між GC<sub>3</sub> % та AT<sub>3</sub> % у геномах двох груп бактерій.

Графіки розподілів груп організмів за відсотковим вмістом кодонів, що закінчуються на G або C, займають 32 кодони. Можна довільним чином зафіксувати 32 кодони і побудувати для них статистику розподілу організмів за відсотковим вмістом цих кодонів. Більш раціональним є вибір 32-х кодонів, які кодують амінокислоти, приєднані до тРНК аміноацил-тРНК – синтетазами класу II. Амінокислоти F, S, P, T, A, H, N, K, D, G визначають статистику організмів за відсотковим вмістом (C<sub>II</sub>%) кодонів, які обробляються аміноацил-тРНК – синтетазами класу II [30].

На рис. 2 наводиться статистика по C<sub>II</sub>%-вмісту кодонів для різних груп організмів.

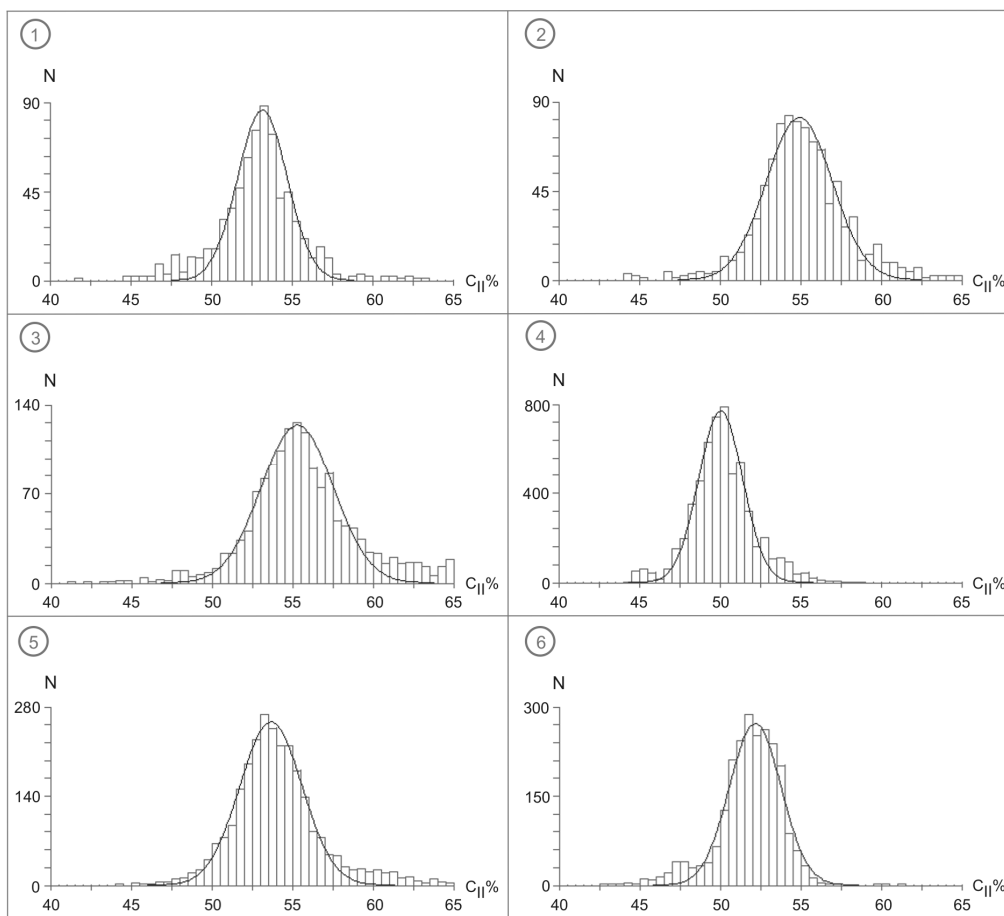


Рис. 2. Розподіл організмів (N) за C<sub>II</sub>%-вмістом кодонів (Гаусові криві). Крок квантування 0,5 %. 1 – хребетні, 2 – безхребетні, 3 – рослини, 4 – хлоропласти, 5 – бактерії, 6 – мітохондрії хребетних.

Розподіли для класу II дуже вузькі; вони визначаються Вінерівським процесом, який є нестаціонарним [29]. При відхиленні від 50 % дисперсія розподілу зростає. Є тенденція до збільшення відсоткового вмісту кодонів, які обробляються аміноацил-тРНК – синтетазами класу II.

### Інформаційна ентропія розподілу кодонів

Ентропія розглядається як одна з найважливіших і універсальних характеристик частотних розподілів статистичних величин різної природи. Ентропійний метод дослідження вибіркості кодонів є одним з найпотужніших. Відомо, що ентропія – це міра хаотичності, невпорядкованості фізичної системи. Але не лише; ентропія – це ще і міра структурної організованості фізичного об'єкту: чим більше ентропія його структур, тим більше можливостей розвитку в об'єкта.

Ентропія Шенона [34] є кількісною мірою інформації, що міститься в повідомленні. Розподіл кодонів у геномі кожного організму можна вважати повідомленням, складеним із триплетів нуклеотидів як невідимих слів. У підході Шенона розглядається тільки частота слів у повідомленні, але не контекст вмісту. Щоб врахувати генетичний код, необхідно прийняти, що синонімічні кодони мРНК, що кодують амінокислоту, є окремими словами, і ентропія генома визначається як сума з 21-ої ентропії незалежних повідомлень, складених довільним чином з синонімічних кодонів.

Ентропія генома з урахуванням генетичного коду обчислюється за формулою [35]:

$$S = \sum_i \sum_c -p_c(A_i) \text{Log}_2(p_c(A_i))$$

де

$i = 1 \dots 21$  – число амінокислот плюс термінатор,  $c = 1 \dots n_a$  ;

$n_a$  – число синонімічних кодонів амінокислоти  $A_i$ ,  $1 \leq n_a \leq 6$ ;

$p_c(A_i) = n_c(A_i) / \sum_c n_c(A_i)$  – частота синонімічних кодонів  $c$ ;

$n_c(A_i)$  – кількість синонімічних кодонів  $c$  амінокислоти  $A_i$ .

Якщо усі частоти кодонів для  $A_i$  рівні, то ентропія  $S(A_i) = \text{Log}_2(z(A_i))$ , де  $z(A_i)$  – число виродженості для  $A_i$ . Максимальна ентропія геному, визначена за вибіркості кодонів, дорівнює  $S_{\max}(\text{Uni}) = 22 + 5\text{Log}_2 3 \approx 29.924813$  для універсального генетичного коду і  $S_{\max}(\text{Mit}) = 28 + 2\text{Log}_2 3 \approx 31.169925$  для генетичного коду мітохондрій хребетних.

Логарифмічна функція від кількості кодонів сильно змінює форму розподілу організмів за величиною ентропії. Замість гаусових кривих спостерігаються криві, які добре описуються асиметричним розподілом Лапласа (Рис. 3).

Щільність асиметричного розподілу Лапласа [36] задається формулою

$$p(S) = [\lambda_L \lambda_R / (\lambda_L + \lambda_R)] \text{Exp}\{\lambda_L(S < S_a) \cup -\lambda_R(S \geq S_a)\}$$

де  $\lambda_L$  і  $\lambda_R$  – лівий і правий коефіцієнти загасання,  $S_a$  – ентропія положення максимуму. Щільність асиметричного розподілу Лапласа на рис. 3-1,2,3,5 має форму, при якій  $\lambda_L < \lambda_R$ , а на рис. 3-4:  $\lambda_L > \lambda_R$ . Складнішим є графік щільності на рис. 3-6. Він є сумою трьох щільностей: двох дзеркальних асиметричних розподілів Лапласа і одного центрального симетричного розподілу Лапласа.

Якщо прийняти, що зміна ентропії геному в групі організмів визначається Вінерівським процесом, то при усередненні за інтервалами часу спостереження  $\Delta t$  з щільністю ймовірності  $\sigma \times \text{Exp}\{-\sigma \Delta t\}$ , де  $\sigma$  – виробництво ентропії в одиницю часу, щільність функції розподілу організмів за ентропією визначатиметься асиметричним розподілом Лапласа.

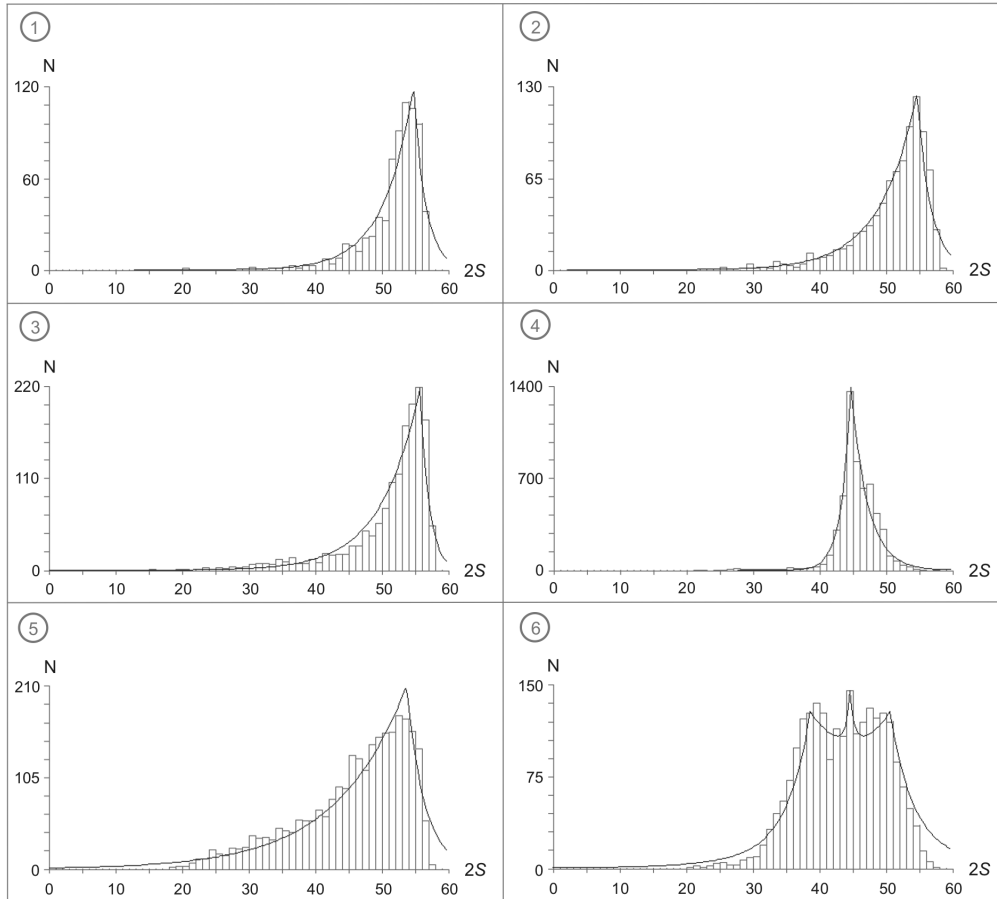


Рис. 3. Розподіл організмів (N) за ентропією Шенона S. 1 – хребетні, 2 – безхребетні, 3 – рослини, 4 – хлоропласти, 5 – бактерії, 6 – мітохондрії хребетних.

**Ентропія сімейств синонімічних кодонів**

При побудові гістограм розподілу кодонів на рис.1, 2, 3 для кожного організму визначалося лише одне значення параметра, над яким виконувалася процедура квантування. Якщо врахувати, що ентропія є адитивною величиною, то можна побудувати гістограми розподілу організмів за ентропією кодонів окремо для кожного сімейства амінокислот. Сімейство амінокислот SF( $n_a$ ) складається з амінокислот, які мають рівне число синонімічних кодонів  $n_a$ . Значення ентропій за кожною амінокислотою сімейства SF( $n_a$ ) об'єднуються, але не сумуються, в загальну множину відліків ентропії S для цієї групи організмів :

$$S = \bigcup_{A_i} \sum_c - p_c(A_i) \text{Log}_2(p_c(A_i))$$

де

$c = 2 \dots n_a, 2 \leq n_a \leq 6, A_i \subset SF(n_a)$ ;

$n_a$  – число синонімічних кодонів амінокислоти  $A_i$ ,

$p_c(A_i) = n_c(A_i) / \sum_c n_c(A_i)$  – частота синонімічних кодонів c,

$n_c(A_i)$  – кількість синонімічних кодонів c для амінокислоти  $A_i$ .

На рис. 4, 5 приведені розподіли організмів по ентропії Шенона S сімейств синонімічних кодонів SF (2)...SF (6).



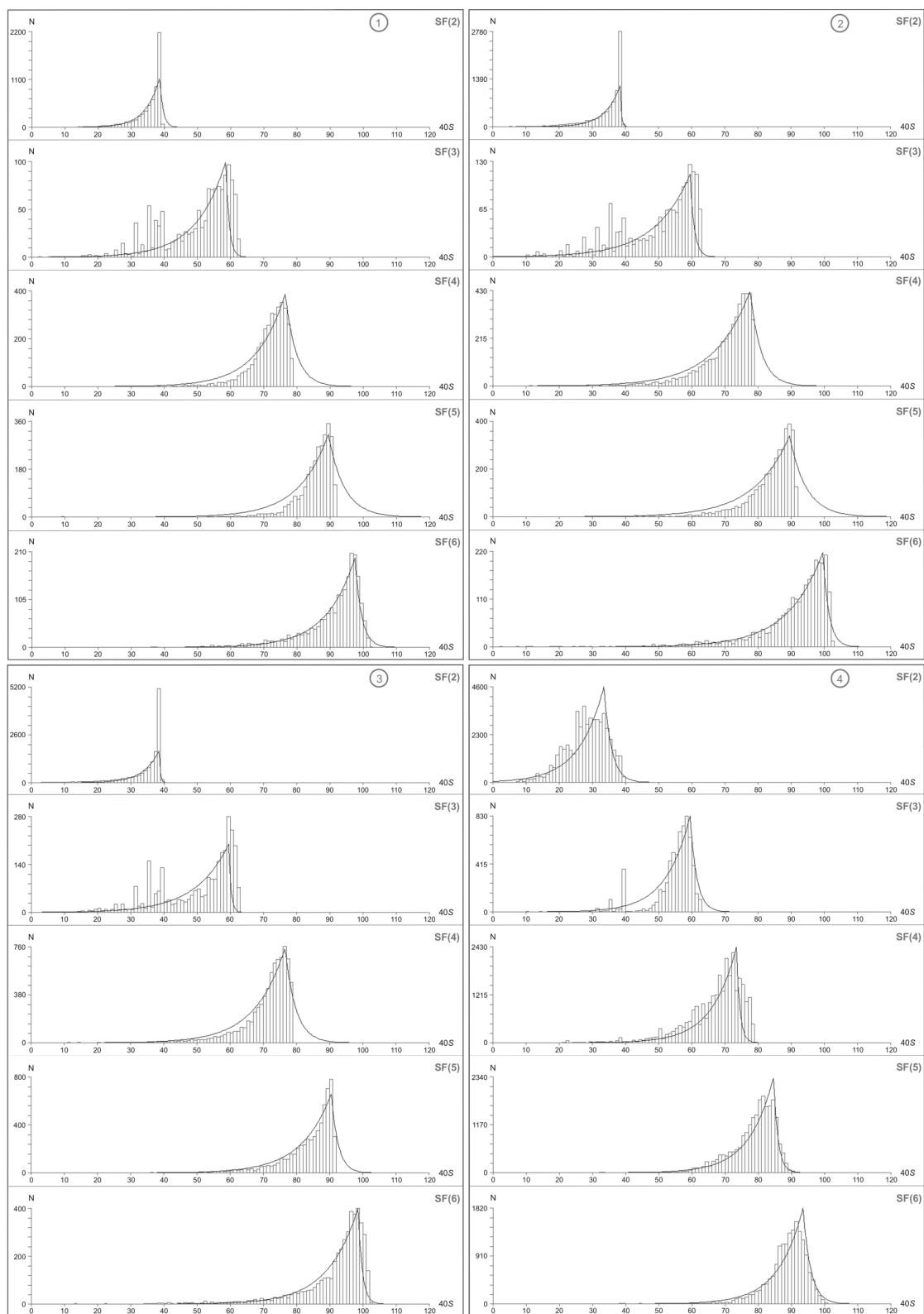


Рис. 4. Розподіли організмів (N) за ентропією Шенона S сімейств синонімічних кодонів SF (2)...SF (6). 1 – хребетні, 2 – безхребетні, 3 – рослини, 4 – хлоропласти.

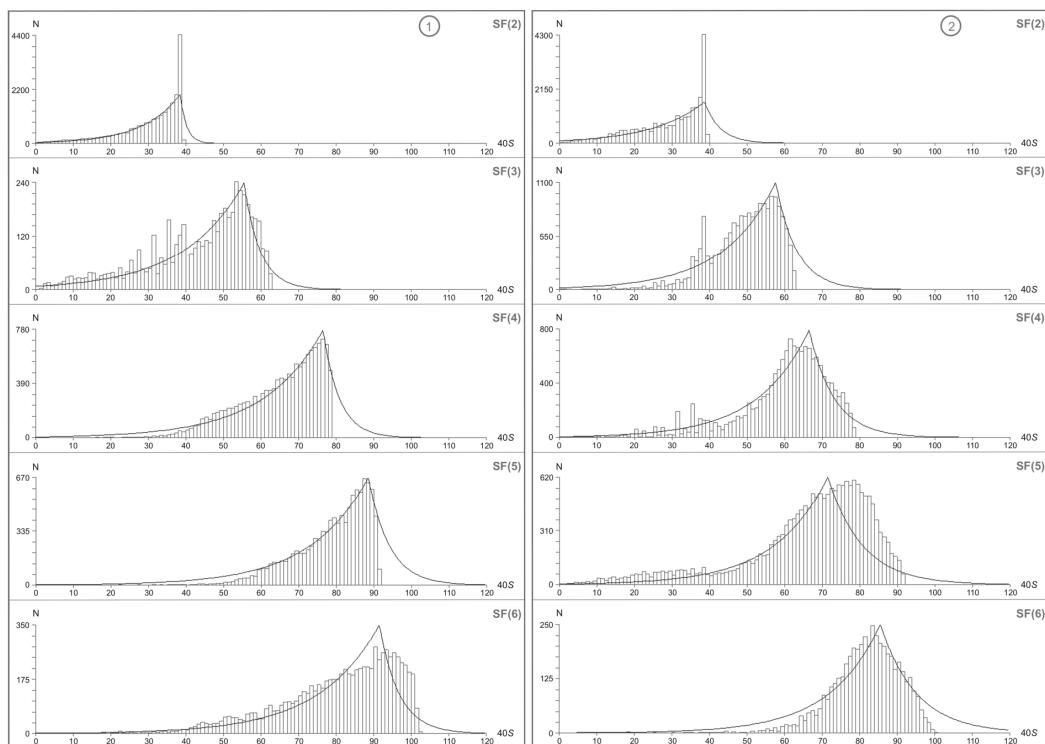


Рис. 5. Розподіли організмів (N) за ентропією Шенона S сімейств синонімічних кодонів SF (2)...SF (6). 1 – бактерії, 2 – мітохондрії хребетних.

Головним результатом такого розбиття кодонів по сімействах є наявність інваріантної ентропії, зворотної коефіцієнту  $\lambda_L$  асиметричного розподілу Лапласа по сімействах SF(3)...SF(6). Для сімейств SF(2) розподіл організмів має сильний викид біля  $S = 1$  і може мати інше значення  $\lambda_L$ . У хлоропластів і мітохондрій хребетних  $\lambda_L$  має постійне значення для усіх сімейств SF(2)...SF(6).

Якщо сімейства SF(1) і SF(2), що мають в сумі 20 кодонів, замінити віртуальним сімейством SF(5), тобто чотирма амінокислотами по 5 кодонів, то при великій кількості можливого розбиття ми отримуємо для SF(5) той же коефіцієнт  $\lambda_L$  (табл. 2). Цей результат для віртуальних сімейств доводить, що інваріант  $\lambda_L$  не залежить від структури генетичного коду.

Кодони віртуальних амінокислот A5<sub>1</sub>...A5<sub>4</sub> сімейства SF(5):

A5<sub>1</sub> = {UUU, UUC, AUG, UAU, UAC}

A5<sub>2</sub> = {CAU, CAC, CAA, CAG, UGG}

A5<sub>3</sub> = {AAU, AAC, AAA, AAG, GAU}

A5<sub>4</sub> = {GAC, GAA, GAG, UGU, UGC}.

Таблиця 2

Коефіцієнти  $\lambda_L$  сімейств кодонів (40S)

Групи організмів	Сімейства кодонів				
	SF(2)	SF(3)	SF(4)	SF(5)	SF(6)
Хребетні	0.230	0.113	0.116	0.112	0.115
Безхребетні	0.220	0.094	0.093	0.094	0.095
Рослини	0.210	0.100	0.110	0.110	0.110
Хлоропласти	0.133	0.139	0.135	0.136	0.134
Бактерії	0.100	0.062	0.063	0.065	0.062
Мітохондрії	0.073	0.072	0.073	0.071	0.074

Для мітохондрій хребетних віртуальні амінокислоти A3<sub>1</sub>...A3<sub>8</sub> сімейства SF(3) визначені шляхом перегрупування кодонів сімейства SF(2) :

A3<sub>1</sub> = {UGU, UGC, GAU}  
 A3<sub>2</sub> = {GAC, GAA, GAG}  
 A3<sub>3</sub> = {UUU, UUC, CAU}  
 A3<sub>4</sub> = {CAC, AUU, AUC}  
 A3<sub>5</sub> = {AAA, AAG, AUA}  
 A3<sub>6</sub> = {AUG, AAU, AAC}  
 A3<sub>7</sub> = {CAA, CAG, UGA}  
 A3<sub>8</sub> = {UGG, UAU, UAC}

Для мітохондрій хребетних віртуальні амінокислоти A5<sub>1</sub>...A5<sub>8</sub> сімейства SF(5) визначені шляхом перегрупування кодонів сімейств SF(4) і SF(6):

A5<sub>1</sub> = {GCU, GCC, GCA, GCG, GGU}  
 A5<sub>2</sub> = {GGC, GGA, GGG, CCU, CCC}  
 A5<sub>3</sub> = {CCA, CCG, CGU, CGC, CGA}  
 A5<sub>4</sub> = {CGG, ACU, ACC, ACA, ACG}  
 A5<sub>5</sub> = {GUU, GUC, GUA, GUG, UAA}  
 A5<sub>6</sub> = {UAG, AGA, AGG, UUA, UUG}  
 A5<sub>7</sub> = {CUU, CUC, CUA, CUG, UCU}  
 A5<sub>8</sub> = {UCC, UCA, UCG, AGU, AGC}

Для сімейства SF(*n<sub>a</sub>*) з числом організмів N<sub>OR</sub> кількість відліків ентропії дорівнює N<sub>S</sub> = N<sub>OR</sub> × *n<sub>a</sub>*. Середнє квантоване значення ентропії S<sub>mv</sub>(SF) для сімейства SF(*n<sub>a</sub>*):

$$S_{mv}(SF) = 1/N_S \sum_{S=1...S_0} S \times N(S)$$

де S<sub>0</sub> = Log<sub>2</sub>(*n<sub>a</sub>*), {S<sub>0</sub>} – цілочисельне значення S<sub>0</sub> з масштабним множником.

Теоретичне середнє значення ентропії S<sub>th</sub>(SF) визначається за формулою:

$$S_{th}(SF) = \int_{-\infty}^{+\infty} S \times p(S) dS = S_a - 1/\lambda_L + 1/\lambda_R$$

Теоретичні функції розподілу Лапласа побудовані так, щоб значення S<sub>th</sub>(SF) співпадало з вибіркоким квантованим середнім S<sub>mv</sub>(SF) при рівні значущості 1% за критерієм Стюдента. Найкраще значення λ<sub>L</sub> визначається окремо методом найменших квадратів при різних S<sub>a</sub>.

Значення λ<sub>R</sub> розглядається як очікуване при збільшенні об'єму вибірки груп організмів. Інваріант λ<sub>L</sub> можна отримати при великому, але кінцевому числі розбиття кодонів по різних сімействах SF(*n<sub>a</sub>*). Це означає, що сімейства SF(*n<sub>a</sub>*) є кластерними множинами, представниками яких є амінокислоти генетичного коду.

## Висновки

Розподіл організмів за GC<sub>3</sub>%-вмістом кодонів визначається стаціонарним процесом Орнштейна – Уленбека. Статистика 32-х кодонів, які кодуєть амінокислоти, що приєднуються до тРНК, аміноацил-тРНК – синтетазами класу II визначається нестационарним Вінерівським процесом. Розподіл організмів за ентропією Шенона також визначається Вінерівським процесом. Розподіл організмів за ентропією сімейств синонімічних кодонів описується асиметричним розподілом Лапласа, у якого лівий коефіцієнт загасання є інваріантом для окремої групи організмів.

1. Wright F. The effective number of codons' used in a gene. / F. Wright. // Gene — 1990, Vol. 87. — P. 23—29.
2. Sharp Paul M. Forces that influence the evolution of codon bias. / Paul M. Sharp, Laura R. Emery and Kai Zeng. // Phil. Trans. R. Soc. B — 2010, Vol. 365, — P. 1203—1212.
3. Grantham R.C. Codon catalog usage and the genome hypothesis. / Grantham, R.C., Gautier, C., Gouy, M., Mercier, R., and Pavé A. // Nucleic Acids Res. — 1980, Vol. 8, — P. 49—79.
4. Behura Susanta K. Codon usage bias: causative factors, quantification methods and genome-wide patterns: with emphasis on insect genomes. / Susanta K. Behura and David W. Severson. // Biol. Rev. — 2013, Vol. 88, — P. 49—61.
5. Plotkin J. B. Synonymous but not the same: the causes and consequences of codon bias. / J. B. Plotkin and G. Kudla. // Nat. Rev. Genet., — 2011, Vol. 12, — P. 32—42.
6. Gingold H. Determinants of translation efficiency and accuracy. / H. Gingold and Y. Pilpel. // Mol. Syst. Biol., — 2011, Vol. 7, — P. 481.

7. *Bulmer M.* Coevolution of codon usage and transfer rna abundance. / M. Bulmer. // Nature — 1987, Vol. 325, — P. 728—730.
8. *Dong H.* Co-variation of trna abundance and codon usage in escherichia coli at different growth rates. / H. Dong, L. Nilsson, and C. G. Kurland. // J.Mol. Biol. — 1996, Vol. 260, N.5, — P. 649—663.
9. *Cannarozzi G.* A role for codon order in translation dynamics. / G. Cannarozzi, N. N. Schraudolph, M. Faty, P. von Rohr, et al. // Cell — 2010, Vol. 141, N.2, — P. 355—367.
10. *Tuller T.* Translation efficiency is determined by both codon bias and folding energy. / T. Tuller, Y. Y. Waldman, M. Kupiec, and E. Ruppin. // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. — 2010, Vol. 107, N. 8 — P. 3645—3650.
11. *Grantham R.* Codon catalog usage is a genome strategy modulated for gene expressivity. / R. Grantham, C. Gautier, M. Gouy, M. Jacobzone, et al. // Nucleic Acids Res., — 1981, Vol. 9, N. 1 — P. 213.
12. *Gouy M.* Codon usage in bacteria: correlation with gene expressivity. / M. Gouy and C. Gautier. // Nucleic Acids Res. — 1982, Vol. 10, N.2 2 — P. 7055—7074.
13. *Kudla G.* Coding sequence determinants of gene expression in escherichia coli. / G. Kudla, A. W. Murray, D. Tollervey, and J. B. Plotkin. // Science, — 2009, Vol. 324 — P. 255—258.
14. *Gustafsson C.* Codon bias and heterologous protein expression. / C. Gustafsson, S. Govindarajan, and J. Minshull. // Trends Biotechnol. — 2004, Vol. 22, N. 7 — P. 346—353.
15. *Boel Gregory.* Codon influence on protein expression in E. coli correlates with mRNA levels. / Gregory Boel, Reka Letso, Helen Neely, et al. // Nature — 2016, Vol. 529 — P. 358—363.
16. *Drummond D. A.* Mistranslation-induced protein misfolding as a dominant constraint on coding-sequence evolution. / D. A. Drummond and C. O. Wilke. // Cell — 2008, Vol. 134, N.2 — P. 341—352.
17. *Eyre-Walker A.* Synonymous codon bias is related to gene length in Escherichia coli: selection for translational accuracy? / A Eyre-Walker. // Mol. Biol. Evol. — 1996, Vol. 13 — P. 864—872.
18. *Tuller T.* An evolutionarily conserved mechanism for controlling the efficiency of protein translation. / T. Tuller, A. Carmi, K. Vestsigian, S. Navon, et al. // Cell — 2010, Vol. 141, N. 2 — P. 344—354.
19. *Ma J.* Correlations between Shine-Dalgarno sequences and gene features such as predicted expression levels and operon structures. / Ma J, Campbell A, Karlin S. // J. Bacteriol. — 2002, Vol. 184 — P. 5733—5745.
20. *Novoa1 Eva Maria.* Speeding with control: codon usage, tRNAs, and ribosomes. / Eva Maria Novoa1 and Llus Ribas de Pouplana. // Trends Genet. — 2012, Vol. 28, N. 11 — P. 574—581.
21. *Mahdi Rami N.* Codon usage bias as a function of generation time and life expectancy. / Rami N. Mahdi and Eric C. Rouchka. // Bioinformatics — 2012, Vol. 8, N. 3 — P. 158—162.
22. *Nekrutenko A.* Assessment of compositional heterogeneity within and between eukaryotic genomes. / Nekrutenko A., Li W. H. // Genome Res. — 2000, Vol. 10, N. 12 — P. 1986—1995.
23. *Sueoka N.* DNA G+C content of the third codon position and codon usage biases of human genes. / Sueoka N, Kawanishi Y. // Gene — 2000, Vol. 261 — P. 53—62.
24. *Epstein RJ.* A functional significance for codon third bases. / Epstein RJ, Lin K, Tan TW. // Gene — 2000, Vol. 245, N. 2 — P. 291—298.
25. *Wan X.-F.* Quantitative relationship between synonymous codon usage bias and GC composition across unicellular genomes. / Wan, X.-F., Xu, D., Kleinhofs, A., Zhou J. // BMC Evol. Biol. — 2004, Vol. 4, N. 19, — P. 1—11.
26. *Hershberg R.* General Rules for Optimal Codon Choice. / Hershberg R, Petrov D.A. // PLoS Genet. — 2009, Vol. 5, N. 7: e1000556. — P. 1—10.
27. *Hui-Qi Zhou.* Analysis of the Relationship between Genomic GC Content and Patterns of Base Usage, Codon Usage and Amino Acid Usage in Prokaryotes: Similar GC Content Adopts Similar Compositional Frequencies Regardless of the Phylogenetic Lineages. / Hui-Qi Zhou, Lu-Wen Ning, Hui-Xiong Zhang, Feng-Biao Guo. // PLoS ONE — 2014, Vol. 9, N.9: e107319.
28. Codon Usage Database. Режим доступа: <http://www.kazusa.or.jp/codon/>.
29. *Репке Г.* Неравновесная статистическая механика. / Г. Репке. — Москва: Мир, 1990 — 320с.
30. *Cavarelli J.* Recognition of tRNAs by aminoacyl-tRNA synthetases. / Cavarelli J. // FASEB — 1993, Vol. 7, — P. 79—86.
31. *Frappat L.* Universality and Shannon entropy of codon usage. / Frappat L, Minichini C, Sciarrino A., Sorba P. // Phys. Rev. E — 2003, Vol. 68, 061910.
32. *Suzuki H.* The ‘weighted sum of relative entropy’: a new index for synonymous codon usage bias. / Suzuki, H., Saito, R. and Tomita, M. // Gene — 2004, Vol. 335, — P. 19—23.
33. *Wan X.-F.* Codon O: a new informatics method measuring synonymous codon usage bias. / Wan, X.-F., J. Zhou, and D. Xu. // International Journal of General Systems — 2006, Vol. 35, — P. 109—125.
34. *Shannon C.E.* A mathematical theory of communication. / Shannon C.E. // The Bell System Technical Journal — 1948, Vol. 27, — P. 379—423.

35. Zeeberg B. Shannon information theoretic computation of synonymous codon usage biases in coding regions of human and mouse genomes. / Zeeberg B. // *Genome Res.* —2002, Vol. 12, — P. 944—955.
36. Kozubowski T. J. Log-Laplace distributions. / Kozubowski T. J., Podgorski K. // *Int. Math. J.* — 2003, Vol. 3, N. 4, — P. 467—495.

*V. V. Stcherbic, L. P. Buchatsky*

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

STATISTICAL REGULARITIES OF SYNONYMOUS CODON USAGE IN THE GENOME  
OF DIFFERENT ORGANISMS

On the basis of information taken from the Codon Usage Database, it is established that for six of the investigated groups of organisms, codon usage statistics is determined by two random processes: the Ornstein-Uhlenbeck process and the Wiener process.

*Key words: codon usage bias, synonymous codon families, GC3- index, informational entropy, ensembles of organisms*

Рекомендує до друку  
Н. М. Дробик

Надійшла 29.11.2018

# МОРФОЛОГІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН

УДК 571.27

<sup>1</sup>С. В. ГУРМАЧ, <sup>1</sup>М. П. РУДИК, <sup>1</sup>В. М. СВЯТЕЦЬКА, <sup>2</sup>О. В. СКАЧКОВА,  
<sup>1</sup>Л. М. СКІВКА

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННЦ «Інститут біології та медицини»  
пр-т Академіка Глушкова, 2, Київ, 03022;

<sup>2</sup>Національний інститут раку, лабораторія експериментальної онкології  
вул. Михайла Ломоносова, 33/43, Київ, 03022

## **ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПРОФІЛЬ ФАГОЦИТІВ ЩУРІВ РІЗНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ЗА РОСТУ ГЛІОМИ С6**

---

Визначали спрямованість функціонального профілю фагоцитів головного мозку та перитонеальних макрофагів у щурів з гліомою С6. Функціональний профіль фагоцитів характеризували за показниками аргіназної та NO-синтазної активності, визначеними колориметричними методами, а також за генерацією реактивних форм кисню, фагоцитарною активністю та експресією CD206, визначеними методом проточної цитофлюориметрії. Встановлено, що ріст гліоми С6 у щурів супроводжується змінами функціональних характеристик не лише резидентних макрофагів головного мозку, а й резидентних макрофагів у межах лімфоїдної тканини, асоційованої зі слизовими оболонками – перитонеальних клітин. Перитонеальні макрофаги у щурів з пухлиною характеризувалися функціональним профілем альтернативно активованих клітин. Мікроглії були властиві нетипові для будь-якого активаційного профілю макрофагів функціонально-фенотипові характеристики, що може бути наслідком комплексного складу гліома-асоційованої популяції мононуклеарних фагоцитів.

*Ключові слова: гліома, мікроглія, макрофаги, поляризація, функціональний профіль*

Центральна нервова система (ЦНС) історично вважалася імунологічно привілейованим органом унаслідок функціонування гематоенцефалічного бар'єру, відсутність традиційної лімфатичної системи та недостатню кількість антиген-презентувальних клітин у тканинах головного мозку [1]. У світлі відкриттів останніх років відбувся кардинальний перегляд імунології головного мозку. У ЦНС виявлено функціональну “глімфатичну систему” (“glymphatic system”), яка використовує унікальні периваскулярні тунелі, утворені астрогліальними клітинами, для виведення з тканин мозку клітинного дебрису та метаболітів [2]. На додачу до глімфатичної системи виявлено менінгіальні лімфатичні судини, залучені у транспортування клітин імунної системи та розчинних медіаторів з головного мозку до дренажних назальних та шийних організованих лімфоїдних утворів, де відбувається презентація антигенів головного мозку у випадку активації імунної відповіді, спричиненої розвитком патологічних процесів, таких як ріст злоякісних пухлин. При цьому лімфатична система слизової оболонки носу є основним компонентом дренажу цереброспінальної рідини [3,4]. Слизові оболонки носу є складовою частиною лімфоїдної тканини, асоційованої зі слизовими оболонками (Mucosa Associated Lymphoid Tissue, MALT), структурні компоненти якої перебувають у тісному функціональному взаємозв'язку [5, 6]. Однак, функціональний стан

фагоцитів у периферичних структурах MALT за умов розвитку гліоми С6 практично не досліджений. Гліоми є найагресивнішими пухлинами головного мозку. Основною популяцією імуніцитів, які можуть складати до 30 % клітин у мікрооточенні злоякісних гліом, є мікроглія – резидентні макрофаги головного мозку [7]. Метаболічний профіль мікроглії в умовах росту гліом є предметом активних досліджень з огляду на її виключну роль у пухлинному процесі та унікальність механізмів функціональної поляризації цих фагоцитів [8, 9].

Метою досліджень було визначити спрямованість функціонального профілю фагоцитів головного мозку та перитонеальних макрофагів у щурів з гліомою С6.

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведені на білих нелінійних щурах масою 40-50 г розведення віварію ННЦ «Інституту біології та медицини» КНУ імені Тараса Шевченка. Після рандомізації за масою тварини були поділені на дві групи по вісім тварин у кожній: 1 група – інтактні тварини, 2 група - тварини, яким перещеплювали пухлину. Усі дослідження на тваринах здійснювали згідно із нормами, встановленими законом України №3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження», і норм, прийнятих в Європейській конвенції із захисту хребетних тварин, яких використовують для експериментальних і наукових цілей від 20.09.1985 [10].

Культуру клітин гліоми щурів С6 було отримано з Національного банку клітинних ліній людини та тварин при ІЕПОР ім. Р.С. Кавецького НАН України. Клітини лінії гліоми щурів С6 культивували у культуральному пластику (Sarsted, Німеччина) у повному культуральному середовищі DMEM у CO<sub>2</sub>-інкубаторі за 37 °С. Перещеплення гліоми С6 щурам проводили після загальної анестезії із застосуванням в/ч кетаміну (0,1 мг/г тварини) і седазину (0,02 мг/г тварини) методом інтрацеребральної інокуляції 50 мкл клітинної суспензії (500 тис. клітин на тварину) у праву тім'яну зону (передній ріг правого бокового шлуночку) на відстані 3 мм від *sinus sagittalis* для уникнення інтракраніальної кровотечі. Тваринам також безпосередньо перед операцією вводили 0,25 % маркаїну в дозі 0,04 мл/г для полегшення болю протягом 6-8 годин. Контролювали масу тварин в динаміці після інокуляції пухлинних клітин.

Оцінку інфільтрації пухлини активованими клітинами мікроглії проводили імуногістохімічним методом за експресією Iba-1. Як контроль використовували тканину не ураженої пухлиною півкулі головного мозку щурів. Як первинні антитіла використовували моноклональні антитіла, специфічні до Iba-1 (Abcam, Великобританія) у розведеннях відповідно до інструкції виробника. Для візуалізації результатів імуногістохімічних реакцій використовували набір реактивів EnVision system (Dako LSAB2 system, Данія) відповідно до рекомендацій виробника, гістологічні зрізи забарвлювали гематоксилином Майєра. Результати імуногістохімічних реакцій аналізували з використанням оптичного мікроскопу XSP-137-VP (JNOEC, збільшення 200-400).

Для виділення клітин мікроглії після евтаназії щурів шляхом в/ч ін'єкції 200 мкл фенобарбітала натрію (Narcogen) і перфузією з використанням 0,9 % розчину NaCl виділену мозкову тканину поміщали на лід у чашки Петрі у 0,9 % розчин NaCl з додаванням 0,2 % глюкози з подальшим гомогенізуванням у гомогенізаторі Поттера у 0,9 % розчині NaCl протягом 15 хв за кімнатної температури. Отриманий гомогенат пропускали крізь 40 нм клітинний фільтр (BD Biosciences Discovery, США) для додаткового подрібнення тканини. Гомогенат переносили в пробірку і центрифугували при 350 g протягом 10 хв при кімнатній температурі. Потім супернатант відбирали і суспендували в 1 мл 70% ізотонічного розчину Перкола і переносили в нову пробірку. Два мілілітри 50% ізотонічного розчину Перкола обережно нашаровували поверх 70% шару, а потім додавали 1 мл фосфатного буферного розчину (ФБР), м'яко поверх шару 50% Перкола і центрифугували 40 хв/1200 g. Після центрифугування отримували два шари з клітинами. Верхній шар на межі між ФБР і 50 % розчином Перкола містить всі елементи ЦНС, крім мікроглії. Нижній шар на межі розділу між 70 і 50 % ізотонічними фазами Перколу містить мікроглію, позбавлену інших макрофагів ЦНС. Виділені клітини мікроглії промивали у 10 мл ФБР протягом 5 хв при кімнатній температурі та ресуспентували у середовищі RPMI-1640 з додаванням ембріональної телячої сироватки для подальшої оцінки функціональних показників.

Резидентні перитонеальні макрофаги отримували стерильно з черевної порожнини щурів згідно протоколу Zhang et al. [11]. Для цього у черевну порожнину тварин вводили 20 мл холодного ФБР (рН 7,2–7,4) і проводили масаж передньої стінки черевної порожнини протягом 10 хв. Потім відбирали суспензію клітин змиву, що утворилася, і ще двічі промивали черевну порожнину свіжими порціями холодного розчину ФБР. Далі виділені клітини двічі відмивали ФБР та ресуспентували у середовищі RPMI-1640 для подальшої оцінки функціональних показників.

Для оцінки аргіназної активності в клітинних лізатах використовували методику Classen et al. [12]. До досліджуваної популяції клітин послідовно додавали 100 мкл 0,1 % Triton X-100 («Sigma-Aldrich», США), 100 мкл 50 ммоль Tris-HCl (рН 7,5; «Sigma-Aldrich», США), що містив 10 ммоль  $MnCl_2$ . Суміш нагрівали при 56 °С упродовж 7 хв для активації аргіназної активності. Реакцію гідролізу L-аргініну здійснювали шляхом інкубації суміші, що містила попередньо активовану аргіназу, зі 100 мкл L-аргініну (0,5 моль; рН 9,7; «SigmaAldrich», США) при 37 °С протягом 2 год. Для зупинення реакції до зразків додавали 800 мкл суміші кислот ( $H_2SO_4 : H_3PO_4 : H_2O = 1 : 3 : 7$ ). Колориметричне виявлення сечовини здійснювали після додавання до суміші  $\alpha$ -ізонітрозопропіофенону (40 мкл, 6 % в етанолі, «Sigma-Aldrich», США) та інкубації при 95 °С 30 хв, а потім при 4 °С упродовж 30 хв. Концентрацію сечовини вимірювали спектрофотометрично при 545 нм. Значення оптичної густини переводили у мікрограми сечовини, використовуючи калібрувальну криву, побудовану з використанням розчинів сечовини відомої концентрації. Аналізували дані, використовуючи наступну формулу:  $\text{мкг сечовини} / 60 (\text{ММ сечовини}) \times 50 (\text{фактор розведення}) / t (\text{хвилини інкубування з аргініном}) = \text{одиниць аргінази на } 1 \times 10^6 \text{ клітин}$ ; 1 одиниця = кількості ферменту, яка необхідна для гідролізу 1 мкМ аргініну за хвилину.

Рівень продукції нітритів вимірювали у супернатанті фагоцитів за допомогою реактиву Гріса [12]. Чкий виготовляли змішуванням однакових об'ємів 2 % сульфаніламід у 10 % фосфорній кислоті і 0,2 % нафилетилендіамінгідрохлориду («Sigma-Aldrich», США). 100 мкл реактиву Гріса додавали до 100 мкл середовища культивування клітин. Суміш інкубували протягом 30 хв за кімнатної температури в темряві. Облік результатів проводили спектрофотометричним методом на планшетному фотометрі Ascent («Labsystems», Фінляндія) при довжині хвилі 540 нм. Рівень нітритів визначали за допомогою калібрувальної кривої, побудованої з використанням стандартних розчинів нітриту натрію. Проби ставили у чотирьох повторях для кожного варіанту дослідження. Значення ділили на кількість живих клітин у зразку. Рівень нітритів представляли для  $10^6$  клітин.

Продукцію реактивних форм кисню (РФК) визначали методом проточної цитофлюориметрії з використанням дихлородигідрофлуоресцеїн діацетату (ДХФ-ДА) («Sigma Aldrich», USA) [13]. Клітини інкубували у ФБР, який містив 10  $\mu\text{M}$  ДХФ-ДА, протягом 30 хв при 37 °С. Оцінювали інтенсивність флуоресценції похідної ДХФ-ДА. Фагоцитарну активність визначали методом проточної цитометрії [13]. Як об'єкт фагоцитозу використовували *S. aureus* Cowan.

Рівень експресії клітинами CD206 молекул оцінювали методом проточної цитофлюориметрії з використанням первинних специфічних антитіл (Alexa Fluor 647, «BD Biosciences», Канада).

Статистичну обробку результатів проводили методами варіаційної статистики з розрахунком середнього значення, середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ) та середньої квадратичної похибки ( $m$ ). Для визначення вірогідної відмінності показників використовували t-критерій Стьюдента [14].

### Результати досліджень та їх обговорення

Серед усіх існуючих моделей пухлин головного мозку гліома С6 має найбільше біологічних властивостей, подібних до таких у гліобластом людини: високий мітотичний індекс, паренхімну інвазію, неоангіогенез тощо. Згідно даних літератури на пізніх термінах росту гліоми С6 *in vivo* відбувається інвазія пухлини у паренхіму і розвиваються розлади моторної функції у тварин [15-17]. За результатами наших досліджень, ріст гліоми С6 супроводжувався зниженням маси дослідних тварин, починаючи з 14 доби після інокуляції пухлинних клітин ( ).



## МОРФОЛОГІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН

На момент закінчення експерименту маса тварин з пухлинами була на 22 % нижчою за масу контрольних щурів. Спостерігалось також зниження активності тварин, що може бути свідченням розвитку пухлино-асоційованої кахексії. Усі тварини на 14 добу після трансплантації пухлинних клітин мали проблеми з ходою, защемлення в кон'юктиві ока, що є ознакою швидкого росту гліоми С6.

Таблиця 1

Маса щурів після перещеплення пухлини (г),  $M \pm m$ ,  $n=8$

Група тварин	Термін після перещеплення пухлини, доба				
	1	7	14	20	24
Контроль	46,6 $\pm$ 1,4	56,7 $\pm$ 1,7	73, 5 $\pm$ 2,2	92, 4 $\pm$ 2,2	105,2 $\pm$ 2,1
Гліома С6	44,3 $\pm$ 1,2	49,4 $\pm$ 1,4*	59,6 $\pm$ 2,0*	80,1 $\pm$ 2,2*	82,8 $\pm$ 3,3*

**Примітка.** \* -  $p < 0,05$  щодо показників щурів контрольної групи.

Імуногістохімічний аналіз тканини головного мозку у ділянці росту пухлини проводили з використанням антитіл проти Iba-1. Iba-1 – фенотиповий маркер активованої (ramified) мікроглії, який широко застосовується для характеристики локалізації мікрогліальних клітин у тканинах головного мозку. Рівень його експресії пропорційний ступеню активації мікрогліальних клітин [18]. Результати проведених нами імуногістохімічних досліджень виявили значну інфільтрацію пухлинної тканини у щурів з гліомою С6 Iba-1+ мікрогліальними клітинами на 24 добу після ініціювання пухлинного росту (рис. 1).

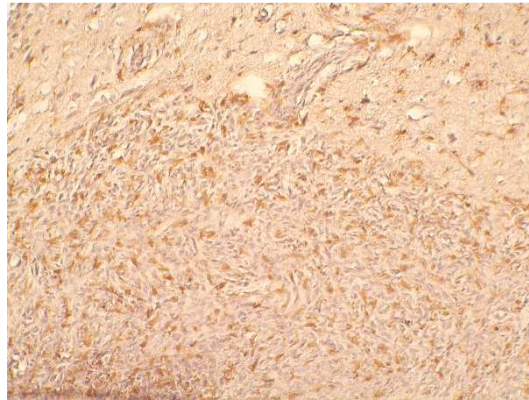


Рис. 1. Імуногістохімічне дослідження маркеру активації мікроглії Iba-1 у пухлинній тканині щурів з гліомою С6 на 24 добу після інокуляції пухлинних клітин.

Додаткове фарбування гематоксилином Майєра,  $\times 200$ .

Клітини мікроглії є істотним компонентом пухлинного мікрооточення і тісним чином взаємодіють з клітинами гліоми. Цитокіни та інші біологічно активні речовини, продуковані пухлинними клітинами, викликають активацію мікрогліальних клітин і зміну їх метаболізму, перетворюючи резидентні макрофаги головного мозку на пухлино-асоційовані макрофаги, котрі сприяють життєздатності, проліферації та інвазії злоякісно трансформованих клітин [7]. Пухлино-асоційовані макрофаги традиційно характеризуються як фагоцити альтернативної (M2) функціональної спрямованості. Такі фагоцити характеризуються здатністю продукувати протизапальні цитокіни та ростові фактори, котрі підтримують життєздатність пухлинних

клітин і стимулюють пухлинний ангиогенез [19]. Однак, єдиної думки щодо функціонального профілю пухлино-асоційованої мікроглії на даний час не існує. Згідно даних деяких дослідницьких груп пухлино-асоційовані мікрогліальні клітини також сприяють неоваскуляризації і прогресуванню злоякісної гліоми, однак мають змішаний M1/M2 фенотип [8, 9]. Gabrusiewicz et al. [20] виявили функціональний профіль гліома-асоційованої мікроглії, близький до нейтрального (M0 фенотип).

У наших дослідженнях функціональний профіль гліома-асоційованої мікроглії, а також перитонеальних макрофагів характеризували за традиційними метаболічними (аргіназною активністю, синтезом нітритів та генерацією РФК) та фенотиповими (CD206) маркерами поляризації фагоцитів.

Спрямованість метаболізму аргініну є ключовим метаболічним маркером функціональної поляризації фагоцитів. Класично активовані фагоцити характеризуються підвищеним рівнем експресії ферменту NO-синтази, який метаболізує аргінін з утворенням реактивних форм азоту та цитруліну. Реактивні форми азоту чинять цитотоксичну дію на пухлинні клітини і є важливими сигнальними молекулами, що активують реакції протипухлинного імунітету. Альтернативно активовані фагоцити характеризуються надекспресією фермента аргінази, який гідролізує аргінін до орнітину та сечовини. Цей метаболічний шлях обмежує доступ аргініну для NO-синтази і залучений у посилення інвазії пухлинних клітин [21]. Згідно результатів наших досліджень, аргіназна активність мікрогліальних клітин на 24 добу після інокуляції пухлинних клітин була нижчою порівняно з показником інтактних тварин (рис. 2А). Водночас, нами було зареєстровано статистично вірогідне посилення NO-синтазної активності мікрогліальних клітин тварин з пухлинами у цій часовій точці (рис. 2В). У сукупності ці дані свідчать про прозапальне зміщення метаболізму мікроглії.

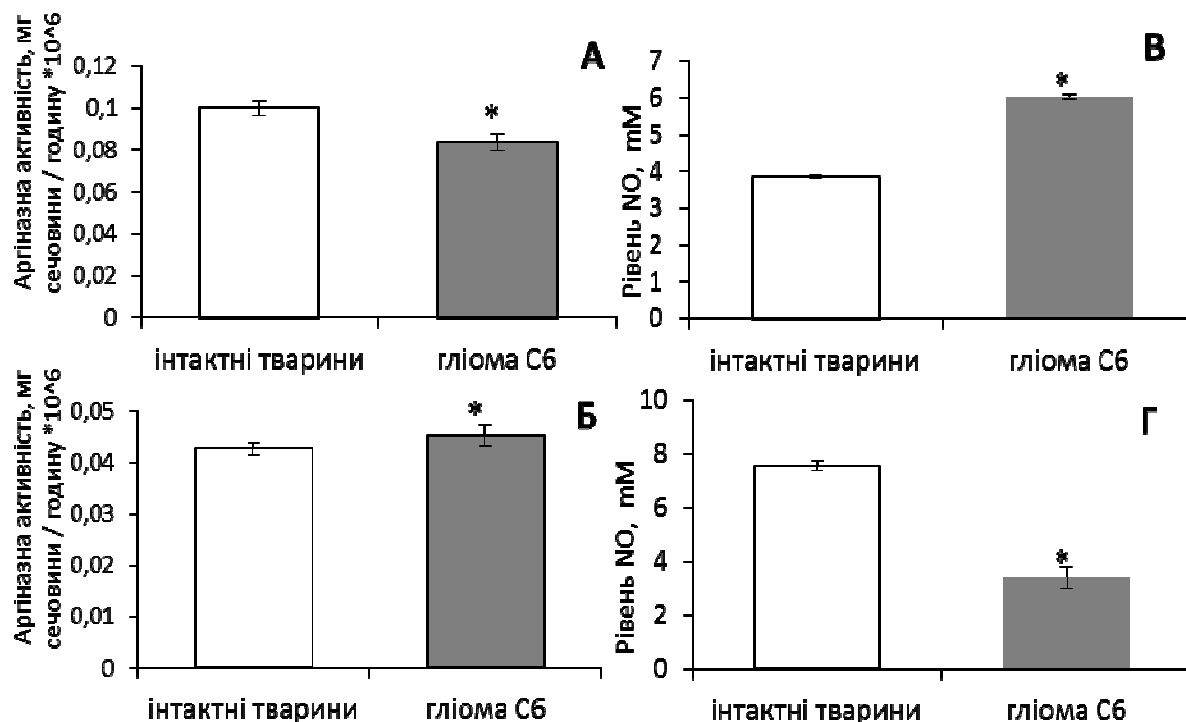


Рис. 2. Аргіназна активність мікроглії (А) та перитонеальних макрофагів (Б), продукція оксиду азоту мікроглії (В) та перитонеальними макрофагами (Г) шурів на 24 добу після перещеплення гліоми С6 ( $M \pm m$ ,  $n=8$  у всіх групах).

Примітка. \* -  $p < 0,05$  відносно показників шурів інтактної групи.

Перитонеальні макрофаги тварин з пухлинами, котрі є складовою частиною MALT, мали іншу спрямованість метаболізму аргініну: аргіназну активність на рівні показника інтактних щурів (рис. 2Б) одночасно зі статистично вірогідно зниженою NO-синтазною активністю (рис. 2Г). Це вказує на протизапальну спрямованість метаболізму фагоцитів цієї локалізації.

Посилення киснезалежного метаболізму найчастіше асоціюють з класичним (прозапальним та протипухлинним) активаційним профілем фагоцитів [22]. У той же час генерація РФК є одним з ключових імуносупресивних механізмів дії мієлоїдних супресорних клітин. Збільшення генерації РФК в мієлоїдних супресорних клітинах є результатом підвищеної регуляції активності НАДФ-оксидази в цих клітинах. [23]. Підвищення синтезу РФК у популяції пухлино-асоційованих фагоцитів необхідне для їх перетворення на альтернативно-активовані клітини з пропухлинним метаболічним профілем [24]. У наших експериментах генерація РФК мікрогліальними клітинами була незначно підвищена у щурів з гліомою С6, порівняно з інтактними тваринами (рис. 3А). Показник киснезалежного метаболізму перитонеальних макрофагів щурів з пухлиною був статистично достовірно знижений порівняно з аналогічним показником контрольних інтактних тварин (рис. 3Б).

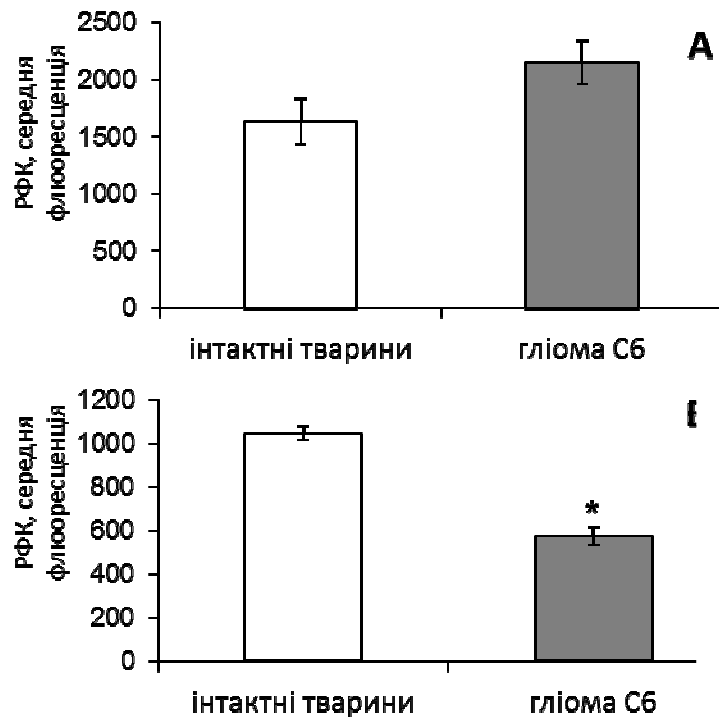


Рис. 3. Продукція реактивних форм кисню мікрогліальними клітинами (А) та перитонеальними макрофагами (Б) щурів на 24 добу після перещеплення гліоми С6 ( $M \pm m$ ,  $n=8$  у всіх групах).

Примітка. \* -  $p < 0,05$  відносно показників щурів інтактної групи.

Ендоцитарна функція – одна з основних функцій фагоцитів, яка реалізується із залученням різних рецепторів, залежно від ендоцитованого матеріалу. Відомо, що фагоцитоз, пов'язаний з мікробіцидною активністю макрофагів, посилюється в умовах їх класичної функціональної поляризації. У той час, як фагоцитоз, опосередкований рецепторами очищення, знижується у клітин з таким функціональним профілем. Посилення фагоцитозу із залученням скавенджер-рецепторів властиве репаративним процесам і альтернативній поляризації фагоцитів [25,26].

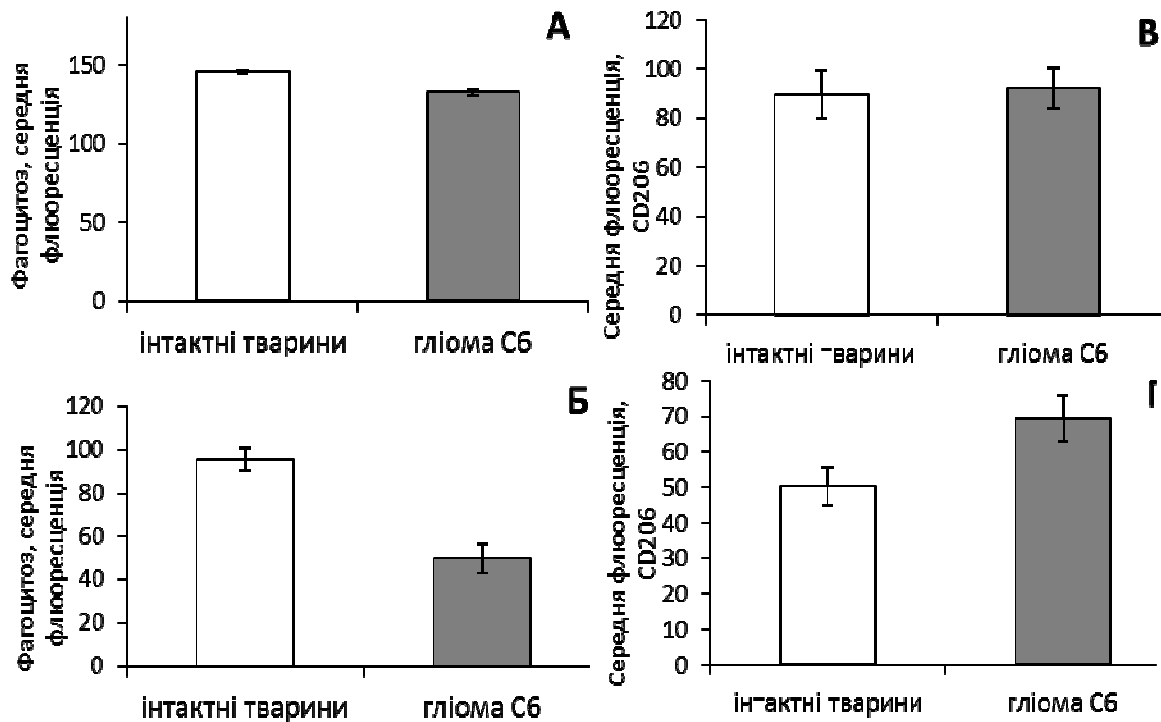


Рис. 4. Фагоцитоз мікроглії (А) та перитонеальними макрофагами (Б), експресія CD206 мікроглії (В) та перитонеальними макрофагами (Г) щурів на 24 добу після перещеплення гліоми С6 ( $M \pm m$ ,  $n=8$  у всіх групах).

Результати проведених нами досліджень показали відсутність статистично вірогідних змін інтенсивності фагоцитозу бактерій мікрогліальними клітинами щурів з гліомою С6 порівняно з інтактними тваринами (рис. 4А). Не виявлено статистично вірогідних змін і в рівні експресії цими клітинами рецептора манози CD206, котрий є одним з рецепторів очищення і розглядається як фенотиповий маркер альтернативної (пропухлинної) функціональної поляризації фагоцитів (рис. 4В) [27]. Натомість, фагоцитарна активність перитонеальних клітин по відношенню до *S. aureus* Cowan була майже вдвічі нижчою за аналогічний показник контрольних тварин (рис. 4Б). Рівень експресії цими клітинами маркера альтернативної поляризації CD206 майже у півтора раза перевищував аналогічний показник у інтактних тварин (рис. 4Г).

### Висновки

1. Ріст гліоми С6 у щурів супроводжується змінами функціональних характеристик не лише резидентних макрофагів головного мозку – мікрогліальних клітин, а й резидентних макрофагів у межах MALT – перитонеальних клітин.
2. Перитонеальні макрофаги щурів з гліомою С6 характеризувалися типовим профілем альтернативно поляризованих фагоцитів із зсувом метаболізму аргініну у бік зниження NO-синтазної активності, зниженням оксидативного метаболізму і фагоцитозу бактеріальних клітин, одночасно з посиленням експресії рецептора очищення CD206.
3. Функціональні характеристики мікроглії щурів з гліомою С6 відрізнялися від таких, властивих як класичній, так і альтернативній поляризації фагоцитів: зсув метаболізму аргініну у бік посилення NO-синтазної активності з підвищенням рівня генерації РФК і відсутністю змін у показниках фагоцитарної активності. Імовірно, це обумовлено комплексним складом популяції гліома-асоційованої мікроглії, до якої можуть входити як типові пухлино-асоційовані макрофаги, так і мієлоїдні супресорні клітини, які мають різні фенотипово-функціональні властивості.

1. *Louveau A.* Revisiting the mechanisms of CNS immune privilege / Louveau A., Harris T.H., Kipnis J. // *Trends Immunol.* — 2015. — № 36 (10). — P. 569—577.
2. *Jessen N.A.* The glymphatic system: A beginner's guide. / Jessen N.A., Munk A.S.F., Lundgaard I. [et. al] // *Neurochem Res.* — 2015. — P. 1—17.
3. *Louveau A.* Structural and functional features of central nervous system lymphatic vessels. / Louveau A., Smirnov I., Keyes T.J. [et.al] // *Nature.* — 2015. — № 523 (7560). — P. 337—341.
4. *Louveau A.* Understanding the functions and relationships of the glymphatic system and meningeal lymphatics / Louveau A., Plog B.A., Antila S. [et. al] // *J. Clin Invest.* — 2017. — №127 (9). — P. 3210—3219.
5. *Lohrberg M.* Co-localization of lymphoid aggregates and lymphatic networks in nose- (NALT) and lacrimal duct-associated lymphoid tissue (LDALT) of mice. / Lohrberg M., Pabst R., Wilting J. // *BMC Immunol.* — 2018. — № 19 (1). — P. 5.
6. *Sun B.L.* Lymphatic drainage system of the brain: A novel target for intervention of neurological diseases. / Sun B.L., Wang L.H., Yang T. [et. al] // *Prog Neurobiol.* — 2018. — № 163. — P. 118—143.
7. *Charles N.A.* The brain tumor microenvironment. / Charles N.A., Holland E.C., Gilbertson R. // *Glia.* — 2011. - № 8 (59). — P. 1169—1180.
8. *Szulzewsky F.* Glioma-associated microglia/macrophages display an expression profile different from M1 and M2 polarization and highly express Gpnmb and Spp1. / Szulzewsky F., Pelz A., Feng X. [et. al] // *PLoS One.* — 2015. — № 10 (2). — P. 116—644.
9. *Roesch S.* When Immune Cells Turn Bad-Tumor-Associated Microglia/Macrophages in Glioma. / Roesch S., Rapp C., Dettling S. [et. al] // *Int. J. Mol. Sci.* — 2018. — № 19 (2). pii: E436.
10. *Резніков О.* Проблеми етики при проведенні експериментальних медичних і біологічних досліджень на тваринах / О. Резніков // *Вісник Національної академії наук України.* — 2001. — № 11. — С. 30—33.
11. *Zhang X.* The isolation and characterization of murine macrophages. / Zhang X., Goncalves R., Mosser DM // *Current Protocols in Immunology.* — 2008. — № 14. — P. 14.
12. *Reiner N. E.* Macrophages and Dendritic Cells. Methods and Protocols / Reiner, Neil E. // New York : Humana press, 2009. — P. 29—43.
13. *Reiner N. E.* Macrophages and Dendritic Cells. Methods and Protocols. / Reiner Neil E. // New York : Humana press, 2009. — P. 368.
14. *Реброва О. Ю.* Статистичний аналіз медичних даних. Застосування пакету прикладних програм STATISTICA / Реброва О.Ю. // *Медіф Сфера.* — 2002. — 305 с.
15. *Grobben B.* Rat C6 glioma as experimental model system for the study of glioblastoma growth and invasion. / Grobben B., De Deyn P.P., Slegers H. // *Cell @Tissue Research.* — 2002. - № 310 (3). — P. 257—270.
16. *Souza T.K.F.* Image and motor behavior for monitoring tumor growth in C6 glioma model / Souza T.K.F, Nucci M.P., Mamani J.B. [et. al] // *PLoS One.* — 2018. — 13 (7): e0201453.
17. *Barth R.F.* Rat brain tumor models in experimental neuro-oncology: the C6, 9L, T9, RG2, F98, BT4C, RT-2 and CNS-1 gliomas / Barth R.F., Kaur B. // *J. Neurooncol.* — 2009. — № 94 (3). — P. 299—312.
18. *Hendrickx D.A.E.* Staining of HLA-DR, Iba1 and CD68 in human microglia reveals partially overlapping expression depending on cellular morphology and pathology / Hendrickx D.A.E, van Eden C.G., Schuurman K.G. // *J. Neuroimmunol.* — 2017. — № 309. — P. 12—22.
19. *Takeya M.* Role of tumor-associated macrophages in human malignancies: friend or foe? / Takeya M., Komohara Y. // *Pathol Int.* — 2016. — № 66 (9). — P. 491—505.
20. *Gabrusiewicz K.* Glioblastoma-infiltrated innate immune cells resemble M0 macrophage phenotype / *JCI insight.* — 2016. — № 1. — P. 1—32.
21. *Rath M.* Metabolism via Arginase or Nitric Oxide Synthase: Two Competing Arginine Pathways in Macrophages. / Rath M., Müller I., Kropf P. // *Front Immunol.* — 2014. — № 5. — P. 532.
22. *Tan H.Y.* The Reactive Oxygen Species in Macrophage Polarization: Reflecting Its Dual Role in Progression and Treatment of Human Diseases. / Tan H.Y., Wang N., Li S. [et. al] // *Oxid Med Cell Longev.* — 2016:2795090.
23. *Corzo C.A.* Mechanism regulating reactive oxygen species in tumor-induced myeloid-derived suppressor cells / Corzo C.A., Cotter M.J., Cheng P. [et. al] // *J. Immunol.* — 2009. — №.182 (9). — P. 5693—5701.
24. *Zhang Y.* ROS play a critical role in the differentiation of alternatively activated macrophages and the occurrence of tumor-associated macrophages. / Zhang Y., Choksi S., Chen K. [et. al] // *Cell Res.* — 2013. — № 23 (7). — P. 898—914.
25. *Frausto-Del-Río D.* Interferon gamma induces actin polymerization, Rac1 activation and down regulates phagocytosis in human monocytic cells / Frausto-Del-Río D., Soto-Cruz I., Garay-Canales C. [et. al] // *Cytokine.* — 2012. — № 57. — P. 158—168.

26. *Varin A.* Alternative activation of macrophages by IL-4 impairs phagocytosis of pathogens but potentiates microbial-induced signalling and cytokine secretion / *Varin A., Mukhopadhyay S., Herbein G.* [et. al] // *Blood.* — 2010. — № 115. — P. 353—362.
27. *Enninga E.A.L.* CD206-positive myeloid cells bind galectin-9 and promote a tumor-supportive microenvironment / *Enninga E.A.L., Chatzopoulos K., Butterfield J.T.* [et. al] // *J. Pathol.* — 2018. — №245(4). — P. 468—477.

*Y. V. Hurmach, M. P. Rudyk, V. M. Svyatetska, O. V. Skachkova, L. M. Skivka*

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

National Cancer Institute, Kyiv, Ukraine

#### FUNCTIONAL PROFILE OF PHAGOCYTES FROM DIFFERENT LOCATIONS IN RAT WITH C6 GLIOMA

Glioma is one of the most common types of malignant brain tumor characterized by bad prognosis. The development of malignant glioma is accompanied by the microglial activation, the influx of circulating phagocytes and the massive infiltration of systemic macrophage-like cells as a result of a disrupted blood-brain barrier. It results in dramatic alterations of the metabolism of this complex microglia. Functional characteristics of these cells can reflect the pathological changes in the tumor microenvironment. Mucous membranes of the nose are an integral part of the lymphoid tissue associated with the mucous membranes (Mucosa Associated Lymphoid Tissue, MALT), whose structural components are closely interconnected. Resident phagocytes in mucosa associated lymphoid tissue are peritoneal macrophages. However, the data concerning metabolic state of such phagocyte cells in glioma-bearing animals are controversial and sparse. The research aims to study the functional profile of brain phagocytes and peritoneal macrophages in rats affected with C6 glioma. Phagocyte functional profile was characterized by arginase and NO-synthase activity (colorimetric assays) as well as ROS generation, phagocytosis and CD206 expression (flow cytometry). The research findings show that *in vivo* C6 glioma growth is associated with alterations in functional profile of both microglia and resident phagocytes in mucosa associated lymphoid tissue (MALT) – peritoneal macrophages. Peritoneal macrophages in rats with C6 glioma is characterized by alternative functional profile. Microglia has its distinctive properties as compared with M1 and M2 phagocytes. It may be caused of complexity of glioma-associated mononuclear phagocyte population.

*Key words: glioma, microglia, macrophages, polarization, functional profile*

Рекомендує до друку

К. С. Волков

Надійшла 03.12.2018

# ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ

УДК 58:929 Шиманська

С. В. ПИДА, М. М. БАРНА, Л. С. БАРНА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## **ШИМАНСЬКА В. О. — ВІДОМИЙ ВЧЕНИЙ БОТАНІК: СИСТЕМАТИК РОСЛИН, РЕСУРСОЗНАВЕЦЬ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН, ФІТОСОЗОЛОГ І ПЕДАГОГ (до 95-річчя від дня народження)**



**ДОЦЕНТ ВАЛЕНТИНА ОМЕЛЯНІВНА ШИМАНСЬКА**

*Доля – це не випадок, – це вибір.*

*Доля – це не те, чого потрібно чекати.*

*Доля – це те, чого потрібно досягти.*

*Вільям Дженнінгс Браян*

Ім'я Шиманської Валентини Омелянівни займає гідне місце в когорті вчених-ботаніків України, які своєю невтомною працею, плідною науковою діяльністю зробили вагомий внесок у розвиток ботанічної науки та в організацію педагогічного процесу вищої школи України.

Шиманська В. О. — відомий український вчений-ботанік, систематик рослин, флорист і ресурсознавець лікарських рослин, кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри ботаніки Кременецького державного педагогічного інституту (1967—1969) та Тернопільського державного педагогічного інституту (1969—1977 і 1981—1988). З Валентиною Омелянівною Шиманською довелось працювати упродовж багатьох років (1971—2002, 1982—1988, 2002) на кафедрі ботаніки, яку вона очолювала, двом із співавторів (М. М. Барні, С. В. Пиді) та двом співавторам (С. В. Пиді і Л. С. Барні), котрі навчаючись на природничому факультеті (1977—1982 рр.) Тернопільського державного педагогічного інституту, слухали глибоко наукові, фахово та методично досконалі лекції великого знавця флори Подільського краю і Карпат, прекрасного лектора з педагогічним талантом.

Валентина Омелянівна Шиманська народилася 10 вересня 1923 року в м. Дубно Рівненської області у сім'ї робітників Шиманського Омеляна Григоровича (1883 р.н.-1947 р. смерті) та Шиманської (Буцько) Олександри Павлівни 1887 р.н. – 1953 р. смерті). Вона була дуже очікуваною пізньою дитиною у сім'ї. Коли Валентині виповнилося 7 років у 1930 р. батьки віддали її на навчання в початкову семирічну школу м. Дубно, яку закінчила в 1937 р. Вона була допитливою та старанною ученицею, яка намагалася якомога більше переймати цінні знання. У цьому ж році поступила вчитись в жіночу технічну школу м. Дубно, яку закінчила в 1939 р. У 1939 р. західна Україна була звільнена від поляків і Валентина Омелянівна продовжила навчання у СШ № 2 м. Дубно і в 1941 р. закінчила 8 клас. З початком Другої світової війни навчання в школі було перервано і Валентина Омелянівна пішла працювати ремонтним робітником станції Дубно. Після звільнення міста Дубно від німецьких фашистів у 1944 р. В. О. працювала секретарем – машиністкою райпрокуратури, пізніше білетним касиром станції Дубно. З 1946 р. В. О. навчалася у Дубнівському педучилищі, одночасно працювала бухгалтером в педучилищі та вчилася у вечірній середній школі робітничої молоді. У 1947 році помирає її батько у віці 64 роки. Валентині Омелянівні у цей час лише 24 роки. Вона залишається без батьківської підтримки, допомоги, порад. Але бажання вчитися, пізнавати природу, досліджувати рослини домінувало у всіх її мріях і бажаннях.

Досліджуючи постать вченого-ботаніка Шиманської В. О. важливо проаналізувати період коли власне відбувалося формування її наукового світогляду та становлення як вченого-дослідника. Валентині Омелянівні долею судилося вчитися і працювати на зламі історичних подій ХХ століття: після розпаду Австро-Угорської імперії Галичина була захоплена Польщею, Друга світова війна, період відбудови. Здобувати знання доводилося і в холоді і в голоді. Валентина Омелянівна успадкувала від батьків любов до рідної землі, природи рідного краю. Батьки з дитинства прищепили в родинному оточенні почуття добра, чесності та порядності. І в 1948 році вона поступає вчитися на біологічний факультет Львівського державного університету ім. І. Франка.

У 1945 році на біологічному факультеті університету були утворені два ботанічні підрозділи: кафедра вищих рослин і кафедра нижчих рослин. Кафедрою вищих рослин керували професор Михайло Попов (1945–1948) та професор Петро Ярошенко (1948–1953). Кафедра нижчих рослин працювала під керівництвом професора Андрія Лазаренка (1948–1955).

З характеристики студентки 5 курсу підписаної деканом біологічного факультету доц. І. А. Медяник: «Студентка спеціалізується на кафедрі морфології і систематики вищих рослин. До навчання проявляла сумлінне відношення. Показала видатні здібності до наукової роботи. Виконала завдання наукового студентського товариства стосовно дослідження рослин народної медицини. Ця робота є цінною і оригінальною і вже готова до друку. Зроблена Шиманською спільно зі студенткою Скобало доповідь на науковій студентській конференції 1952 р. була удостоєна на загальноміському огляді першої премії. Громадські доручення завжди виконувала з охотою і сумлінно, постійно брала участь в художньому оформленні курсової стінгазети».



У 1953 р. закінчує навчання в університеті з присвоєнням кваліфікації біолога-ботаніка. З 26 серпня 1953 по 1969 рр. працювала асистентом, старшим викладачем, доцентом і завідувачем кафедри ботаніки Кременецького державного педагогічного інституту. З характеристики ректора Кременецького педінституту доц. М. Л. Бригінця «до роботи відноситься добросовісно, знає і любить свою роботу. Лекції і практичні заняття проводить на достатньому ідейному і теоретичному рівнях. Бере активну участь в суспільному житті інституту і міста». За цей період нею були організовані наукові дослідження з вивчення ресурсів лікарських рослин у північно-західних областях України [1, 2].

Проведені глибокі наукові дослідження з ресурсознавства дозволили Валентині Омелянівні одержати та проаналізувати великий масив наукових даних щодо зростання, поширення та запасів лікарських рослин у північно-західних областях України і на основі цього великого фактичного матеріалу підготувати та захистити 7 вересня 1966 р. дисертацію у Львівському університеті на тему: «Лікарські рослини народної медицини північно-західних областей УРСР» на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 094-ботаніка. 29 листопада 1967 р. Вищою атестаційною комісією Міністерства вищої і середньої освіти СРСР їй присуджено науковий ступінь і видано диплом кандидата біологічних наук.

Пропрацювавши менше року після захисту дисертації, Валентина Омелянівна з 1967 року очолила кафедру ботаніки інституту. На цій посаді сповна виявилися її здібності як науковця. 11 вересня 1968 р. Вищою атестаційною комісією Міністерства вищої і середньої освіти СРСР Шиманській В. О. присвоєно вчене звання доцента по кафедрі ботаніки. Вона продовжувала досліджувати різні аспекти лікарських рослин західних областей України: їх поширення, ресурси, запаси та заготівлю, хімічний склад та використання у процесі лікування різних недуг – зокрема зобу і зляжисних пухлин, серцево-судинних і шлунково-кишкових захворювань, жовчогінних препаратів із лікарських рослин, які зростають у північно-західних областях України, лікарських рослин для лікування захворювань ЛОР органів тощо. Досліджуючи лікарські рослини західних областей України, В. О. Шиманській вдалося виявити нові види, що використовуються у народній медицині, зокрема кровоспинні та стимулюючі кровотворення рослини, флавоноїдоносні рослини ранньоквітучої флори Карпат та ін.

Значний обсяг у дослідженні лікарських рослин В. О. Шиманської займають питання охорони та раціонального використання лікарських ресурсів. Нею розроблені практичні заходи щодо охорони та використання лікарських рослин у процесі їх заготівлі. Цими рекомендаціями у своїй практичній роботі користувалися та й нині продовжують їх використовувати обласні аптекоуправління Тернопільської, Волинської, Рівненської та Закарпатської областей.

Зібраний великий фактичний матеріал щодо поширення, запасів та використання лікарських рослин у народній медицині послужили В. О. Шиманській надійною науковою базою для підготовки та публікації наукових статей, виступів з доповідями на Міжнародних і Всеукраїнських наукових конференціях, з'їздах Українського ботанічного товариства тощо.

Особливі організаторські здібності завідувач кафедри ботаніки, доцент Валентина Омелянівна Шиманська виявила в Тернопільському державному педагогічному інституті, де необхідно було заново створювати навчально-матеріальну базу природничого факультету: агробіостанцію, біостанціону для проведення навчальних практик з ботаніки та зоології, закласти дендрарій, озеленювати територію навколо головного навчально-адміністративного корпусу інституту. Особливо активно та наполегливо виконання всіх цих робіт організувала Валентина Омелянівна Шиманська, коли в 1974 р. ректором Тернопільського державного педагогічного інституту було призначено доктора біологічних наук, професора Явоненка Олександра Федотовича, який вмів та професійно не лише доручав всьому професорсько-викладацькому колективу кафедри ботаніки реалізацію цих завдань, але й допомагав у їх вирішенні

На кафедрі ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка функціонує навчальна лабораторія морфології та систематики рослин – гербарій, основним завданням якої є створення, зберігання та систематизація колекційних фондів вищих рослин. Гербарій сприяє пропаганді різних аспектів

охорони та раціонального використання фіторізноманіття, екологічній освіті, вихованню студентів, вдосконаленню процесу навчання і підготовки висококваліфікованих фахівців. Створення лабораторії припадає на кінець XVIII – початок XIX ст., коли у місті Кременці на базі єзуїтського колегіуму було відкрито Вищу Волинську гімназію (1805 р.). Інтенсивні ботанічні дослідження у гімназії розпочалися з приходом на посаду викладача і директора ботанічного саду Віллібальда Бессера.

1940 року на базі Кременецького ліцею було відкрито Кременецький учительський інститут, у складі якого був природничо-географічний факультет. На основі кафедри природознавства і географії (1950 р.), після реорганізації учительського інституту в педагогічний, була створена кафедра ботаніки, що поступово поповнювалася висококваліфікованими науковцями, які успішно працювали над вивченням регіональної флори і формуванням гербарію (Б. Заверуха, В. Шиманська, С. Зелінка). На сьогоднішній день, гербарій кафедри ботаніки та зоології входить в перелік гербаріїв Index Herbariorum, який веде Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України, з акронімом TERN, нараховує близько 30000 гербарних аркушів і включає такі розділи: науковий гербарій; навчальний гербарій; обмінний фонд.

Адже, як сказав Карл Лінней: “Гербарій більш вагомий від усякого малюнка: малюнок можна повторити, віддрукувати, розмножити, зберегти копію, а гербарій – ні, він неповторний”.

Незважаючи на тривалий період створення належної навчально-матеріальної бази природничого факультету, в центрі уваги завідувача кафедри ботаніки, доцента Валентини Омелянівни Шиманської та й всього професорсько-викладацького колективу кафедри ботаніки постійно знаходилися питання щодо продовження глибоких систематичних і флористичних досліджень, запровадження нових напрямів дослідження з фізіології та біохімії рослин, організація з 1971 р. досліджень з цитоембріології Квіткових рослин, розширення досліджень з методики викладання біологічних дисциплін у середній загальноосвітній та вищій школі [2].

Результатом цих глибоких наукових досліджень став захист кандидатських дисертацій, написання монографій, підготовка підручників, навчальних посібників і методичних рекомендацій. Загальний науковий доробок доцента В. О. Шиманської становить понад 150 наукових і науково-методичних праць.

Окрім педагогічного процесу та науково-дослідної роботи В. О. Шиманська активно займалася громадською діяльністю: обиралася членом вченої ради факультету, головою Тернопільського відділення Українського ботанічного товариства, членом Тернопільського обласного товариства охорони природи, призначалася куратором академічних груп.

Надзвичайно вагомим доробком педагогічної діяльності доцента О. В. Шиманської є те, що серед її учнів є один академік НАН України (Б. М. Данилишин), понад 30 докторів наук, професорів (Н. М. Дробик, В. З. Курант, В. В. Грубінко, А. В. Степанюк, А. Ф. Бурбан, Л. С. Тасенкевич, С. В. Пида, С. М. Кікінежді та багато ін.) і понад 100 кандидатів наук, доцентів, старших наукових співробітників (А. І. Герц, Л. С. Барна, Г. Я. Жирська, Н. Й. Мішук, В. С. Барановський, В. О. Хоменчук, О. Б. Конончук, Л. О. Шевчук, С. С. Подобівський та багато ін.), які нині працюють у різних науково-дослідних установах і вищих навчальних закладах України.

Валентина Омелянівна Шиманська була знаним флористом і систематиком рослин, мудрим організатором ботанічних досліджень, талановитим викладачем, якого любили та поважали студенти, доброзичливою і толерантною Людиною.

На завершення доцільно зазначити допоки у вищих навчальних закладах та науково-дослідних установах України будуть такі викладачі і вчені, якою була і надалі залишається в пам'яті своїх друзів, колег і учнів кандидат біологічних наук, доцент Валентина Омелянівна Шиманська, вища педагогічна школа і біологічна, в тому числі й ботанічна, наука України будуть успішно розвиватися.

**Наукові та навчально-методичні праці  
доцента В. О. Шиманської**

Протягом навчально-педагогічної діяльності доцент В. О. Шиманська опублікувала понад 150 наукових і навчально-методичних праць, у тому числі захистила кандидатську дисертацію, понад 50 статей у наукових фахових та інших виданнях, понад 75 матеріалів і тез доповідей на Міжнародних конгресах, симпозіумах, конференціях, семінарах, Всесоюзних і Всеукраїнських наукових конференціях, з'їздах наукових товариств, симпозіумах, нарадах, семінарах, понад 20 науково-популярних статей. Нижче наведено бібліографічний опис основних наукових і навчально-методичних праць доцента В. О. Шиманської.

Кандидатська дисертація та її автореферат

1. **Лекарственные растения народной медицины северо-западных областей УССР [Рукопись]: дис. ...канд. биол. наук: 094 – ботаника / Шиманская Валентина Емельяновна; Львовский государственный университет. — Львов, 1966. — 188 с.**
2. **Лекарственные растения народной медицины северо-западных областей УССР: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 094 – ботаника / Шиманская Валентина Емельяновна; Львовский государственный университет. — Львов, 1966. — 20 с.**

Статті у наукових фахових та інших виданнях

1. **Болотні заказники Західного Поділля / С. В. Зелінка, Л. С. Балашов, В. О. Шиманська // Укр. ботан. журн. — 1984. — Т. 41, № 6. — С. 77—81.**
2. **Ботаніко-географічні особливості природи Середнього Придністров'я / Л. Царик, В. Шиманська, М. Чайковський // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Географія. — Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка, 1998. — № 1. — С. 75—77.**
3. **Глікозидоносні рослини Західного Поділля / В. О. Шиманська, М. Л. Бригінець, Л. С. Тасенкевич // Досягнення ботанічної науки на Україні. — К.: Наук. думка, 1976. — С. 184—189.**
4. **Деякі декоративні рослини Товтрового кряжа на Поділлі та їх охорона / С. В. Зелінка, В. О. Шиманська // Досягнення ботанічної науки на Україні 1970—1973 рр. — К.: Наук. думка, 1976. — С. 111—115.**
5. **Застосування деяких рослин для лікування зубу та «раку» в народній медицині / В. О. Шиманська // Наукові записки Кременецького пед. ін.-ту. — Тернопіль, 1962. — С. 55—59.**
6. **Застосування деяких рослин при гіпертонічній хворобі народною медициною Львівського економічного району / В. О. Шиманська // Наукові записки Кременецького пед. ін.-ту. Тернопіль, 1962. — С. 29—35.**
7. **Зелені перлини Тернопілля / В. О. Шиманська, Г. М. Барановська // Початкова школа. — 1989. — № 3. — С. 79—83.**
8. **Інтродуковані деревні рослини в озелененні м. Тернополя / С. В. Зелінка, С. П. Малаховський, В. О. Шиманська, М. Л. Бригінець // Досягнення ботанічної науки на Україні 1970—1973 рр. — К.: Наук. думка, 1976. — С. 199—205.**
9. **Лікарські рослини в отоларингології / В. О. Шиманська, М. Л. Бригінець, С. М. Кіт, П. О. Кравчук // Досягнення ботанічної науки на Україні. — К.: Наук. думка, 1976. — С. 235—236.**
10. **Лікарські рослини народної медицини Львівського економічного району / В. О. Шиманська // Щорічник Укр. ботан. т-ва. — К., 1960. — С. 66—70.**
11. **Лікарські рослини Тернопільської області та їх охорона / В. О. Шиманська, М. Л. Бригінець // Досягнення ботанічної науки на Україні. — К.: Наук. думка, 1976. — С. 179—184.**
12. **Про вплив витяжок з рослин на серцево-судинну систему / В. О. Шиманська, С. М. Кіт, М. Л. Бригінець // Досягнення ботанічної науки на Україні. — К.: Наук. думка, 1975. — С. 101—105.**
13. **Про охорону та впровадження в культуру деяких рідкісних рослин Західного Поділля / С. В. Зелінка, В. О. Шиманська // Охорона, вивчення та збагачення рослинного світу. — К., 1974. — Вип. 1. — С. 90—94.**
14. **Распространение лабазника обыкновенного (*Filipendula vulgaris* Moench.) в Тернопольской области и необходимость его охраны / В. Е. Шиманская, С. В. Зелинка, И. П. Теребуха //**

- Ботанические исследования на Украине: Доклады УБО АН УССР. Ин-тут ботаники им. Н. Г. Холодного. — Киев; Наук. думка, 1990. — С. 119—124.
15. **Рациональное использование и охрана лекарственных растений лесных биогеоценозов Западного Полесья** / В. Е. Шиманская, С. В. Зелинка // Флора и растительность Украины: Сб. науч. трудов. — Киев: Наук. думка, 1986. — С. 133—137.
  16. **Редкое лекарственное растение** / Б. В. Заверуха, В. Е. Шиманская // Природа. — 1960. — № 11. — С. 109—112.
  17. **Ресурси дикорослих лікарських рослин північних районів Івано-Франківської області** / В. О. Шиманська, С. М. Кіт // Фармацевтичний журнал. — 1975. — № 4. — С. 57—62.
  18. **Рідкісні види лікарських рослин Поділля та їх охорона** / В. О. Шиманська, С. В. Зелінка // Досягнення ботанічної науки на Україні 1974—1975 рр. — К.: Наук. думка, 1975. — С. 229—235.
  19. **Розвиток ботанічної науки на Тернопіллі** / К. М. Векірчик, М. М. Барна, І. М. Бутницький, В. О. Шиманська // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. — Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка, 1998. — № 2 (4). — С. 101—106.
  20. **Рослини народної медицини в лікуванні злоякісних пухлин** / В. О. Шиманська, М. Л. Бригінець // Досягнення ботанічної науки на Україні. — К.: Наук. думка, 1975. — С. 99—104.
  21. **Рослинність і флора заповідного урочища Нирків та стан їх охорони** / С. В. Зелінка, В. О. Шиманська // Досягнення ботанічної науки на Україні 1974—1975 рр. — К.: Наук. думка, 1977. — С. 142—145.
  22. **Флавоноїдонні рослини в ранньоквітучій флорі Карпат** / В. О. Шиманська, С. М. Кіт // Фармацевтичний журнал. — 1970. — № 5. — С. 45—49.
  23. **Флора лесов Карпат как источник получения маточных и кровоостанавливающих лекарственных препаратов** / С. М. Кит, Н. Д. Качан, В. Е. Шиманская // Рациональное использование лесосырьевых ресурсов и повышение продуктивности лесов. — Ивано-Франковск. — 1972. — С. 232—236.

Конференції, з'їзди, симпозиуми та семінари

1. **Ботанические памятники на Тернопольщине** / С. В. Зелинка, В. Е. Шиманская, Н. П. Чайковский // Проблемы изучения и использования природных богатств водных ресурсов и охраны природы: Материалы Второй науч. конф. по изучению и использованию производительных сил Подолья, (Киев, 1971 г.). — Киев, 1971. — С. 46—48.
2. **Деякі відомості про місцезростання і запаси цибулі ведмежої в межах Тернопільщини** / В. О. Шиманська, С. М. Кіт, Б. П. Воляник // Тези міжобл. наук.-практ. конф., (м. Івано-Франківськ, 1978). — Івано-Франківськ, 1978. — С. 41—42.
3. **Динамика травостоя некоторых лекарственных растений а степных ассоциациях Западной Подолии** / В. Е. Шиманская // Материалы по динамике растительного покрова. — Владимир, 1968. — С. 73—74.
4. **Запаси конвалії звичайної на території Ківерцівського району Волинської області** / В. О. Шиманська, Б. П. Воляник // VI з'їзд Укр. ботан. т-ва.: Тези доп. — К.: Наук. думка, 1977. — С. 266—267.
5. **Заповідні ділянки — місця охорони і відтворення ресурсів лікарських рослин на Тернопільщині** / В. О. Шиманська, С. В. Зелінка, М. Л. Бригінець // Охорона природи та раціональне використання природних ресурсів у західних областях УРСР: Тези доп. міжоблас. конф., (м. Львів, 1974 р.). — Львів, 1974. — С. 136—138.
6. **Застосування дикоростучих рослин західних областей УРСР для лікування гіпертонії** / В. О. Шиманська // Проблеми патології серцево-судинної системи: Тези доп. наук. конф., (м. Івано-Франківськ, 1964 р.). — Івано-Франківськ, 1964. — С. 256—258.
7. **К методике организации самостоятельной работы студентов 2-го курса по ботанике (систематике растений)** / В. Е. Шиманская, С. В. Зелинка, Г. Н. Барановская // Дидактические проблемы подготовки учительских кадров: Тезисы науч.-практ. конф., (Тернополь, 1988 г.). — Тернополь, 1988. — С. 187—188.
8. **Кровоспинні та стимулюючі кровотворення рослини в народній медицині північно-західних областей УРСР** / В. О. Шиманська // Тези доп. звіт.-наук. коф. кафедр ін-ту. — Кременець, 1965. — С. 129—131.
9. **Лікарські рослини Західного Поділля, які вимагають невідкладної охорони** / В. О. Шиманська, С. В. Зелінка, М. Л. Бригінець // V з'їзд Укр. ботан. т-ва.: Тези доп. — Ужгород, 1977. — С. 148—149.

10. Лікарські рослини Західного Полісся, їх раціональне використання та охорона / В. О. Шиманська, В. О. Кіт // Матеріали IV з'їзду Укр. ботан. т-ва. — К., 1969. — С. 272—274.
11. Лікарські рослини народної медицини в лікуванні шлунково-кишкових захворювань / В. О. Шиманська // Тези доп. звіт.-наук. коф. кафедр ін-ту. — Кременець, 1965. — С. 126—129.
12. Лікарські рослини народної медицини Волині / В. О. Шиманська // Звітно-наук. конф.: Тези доп. — Вип. II. — Кременець, 1958. — С. 29—31.
13. Лікарські рослини народної медицини для лікування серцевих захворювань / В. О. Шиманська // Проблеми патології серцево-судинної системи: Тези доп. наук. конф., (м. Івано-Франківськ, 1964 р.). — Івано-Франківськ, 1964. — С. 254—256.
14. Лікарські рослини народної медицини Західного Поділля / В. О. Шиманська // Матеріали до вивчення природних ресурсів Поділля. — Тернопіль—Кременець, 1963. — С. 126—131.
15. Лікарські рослини північно-західних областей УРСР (запаси та заготівля) / В. О. Шиманська // Тези доп. звіт.-наук. коф. кафедр ін-ту. — Кременець, 1966. — С. 153—156.
16. Нові рослини народної медицини північно-західних областей УРСР / В. О. Шиманська // : Тези доп. звіт.-наук. коф. ін-ту. — Кременець, 1964. — С. 65—66.
17. Редкие лекарственные растения Западно-Подольского Приднестровья и их охрана / В. Е. Шиманская, С. В. Зелінка // VIII съезд Укр. ботан. о-ва: Тезисы докл. (отв. ред. К. М. Сытнык). — Киев: Наук. думка, 1987. — С. 247.
18. Ресурсы лекарственных растений северо-западных областей УССР / В. Е. Шиманская // Тезисы докл. респ. науч. конф. по проблеме «Биологические основы рационального использования, преобразования, и охраны растительного и животного мира». — Симферополь, 1965. — С. 186—188.
19. Рослини народної медицини для лікування серцевих захворювань / В. О. Шиманська // Матеріали III з'їзду Укр. ботан. т-ва. — К., 1965. — С. 302—303.
20. Рослини народної медицини північно-західних областей УРСР в лікуванні захворювань ЛОР органів / В. О. Шиманська, П. О. Кравчук // Тези доп. звіт.-наук. коф. кафедр ін-ту. — Кременець, 1967. — С. 101—105.
21. Серцеві засоби рослинного походження з народної медицини та їх фармакологічне дослідження / Ф. В. Ковшар, С. М. Кіт, Л. Г. Кульчицька, В. О. Шиманська // VI з'їзд Укр. т-ва фізіол. росл.: Тези доп. — К., 1961. — С. 41—46.
22. Фармакологическое изучение препаратов из растений, влияющих на функцию мужских половых органов / В. Е. Шиманская, Я. Г. Грицюк // Материалы II съезда фармакологов УССР. — Киев: Здоров'я, 1978. — С. 271—272.
23. Фармакологическое исследование сапиноносных растений Западной Подолии / В. Е. Шиманская, П. С. Кушнирык // Материалы II съезда фармакологов УССР. — Киев: Здоров'я, 1978. — С. 272—273.

Шиманська В. О. про відомих вчених в галузі освіти і науки

1. Букет польових квітів на свіжу могилу Степана Зелінки / М. М. Барна, Н. В. Мшанецька, В. О. Шиманська // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. — Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка, 2000. — № 3 (10). — С. 93—97.
2. Пам'яті Бориса Володимировича Заверухи / М. М. Барна, В. О. Шиманська // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. — Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка, 2001. — № 1 (12). — С. 104—107.

#### Публікації про життя та діяльність В. О. Шиманської

1. Шиманська В. О. // Бібліографія наукових і науково-методичних праць викладачів хіміко-біологічного факультету Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка 1962–2002 рр. / [уклад. Барна М. М., Похила Л. С., Грубінко та ін.]; за ред. М. М. Барни. — Тернопіль: Видавничий відділ ТДПУ, 2002. — 182 с.
2. Формування гербарних колекцій (Б. Заверуха, В. Шиманська, С. Зелінка) // Гербарій кафедри ботаніки Тернопільського державного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка / Барна Микола, Зелінка Степан, Шанайда Надія, Шанайда Марія // Освітнянські музеї як осередки національного відродження. — Тернопіль: Вид. відділ ТДПУ, 2000. — С.41—44.
3. Барна М. М. Науковий гербарій Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка TERN\*. Основні колектори: Б. Заверуха, С. Зелінка, Н.

- Мшанецька, В. Шиманська** / М. М. Барна, Н. В. Москалюк // Гербарій України. Index Herbariorum Ucrainicum / Редактор-укладач к.б.н. Н. М. Шиян. — К.: Альтерпрес, 2011. — С. 266—269.
4. **Пида С. В. В. О. Шиманська — відомий вчений-ботанік Подільського Краю** / С. В. Пида, М. М. Барна, Л. С. Барна // Подільські читання : зб. матеріалів Всеукр. наук. конф., (м. Кременець, 12—13 жовт. 2017 р.) / за заг. ред. О. І. Цицори. — Кременець: ВЦ КОППА ім. Тараса Шевченка, 2017. — С. 17—18
  5. **Тернопільська група. Шиманська Валентина Омелянівна** // Українське ботанічне товариство. Довідковий посібник / Уклад. С. М. Зиман, А. А. Мілько. Відп. ред. К. М. Ситник. — К.: Наук. думка, 1979. — С. 169—170, 205.
  6. **Тернопільська група. Шиманська Валентина Омелянівна** // Українське ботанічне товариство. Довідковий посібник. Вид. друге, допов. / Уклад. С. М. Зиман, Г. Д. Єрмоленко, О. Л. Ловеліус. Відп. ред. К. М. Ситник. — К.: Наук. думка, 1988. — 194, 231.
  7. **Шиманська Валентина Омелянівна — кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри ботаніки (1967–1977; 1981–1988)** // Нариси історії хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (1940-2010) / М. М. Барна, В. З. Курант, Л. С. Барна, В. В. Грубінко, Б. Д. Грищук, В. І. Кваша, А. В. Степанюк / За ред. М. М. Барни. — Тернопіль: Підручники і посібники, 2010. — С.
1. *Архів* Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. — м. Тернопіль, № спр. 679, арк. 67.
  2. *Барна М. М.* Букет польових квітів на свіжу могилу Степана Зелінки / М. М. Барна, Н. В. Мшанецька, В. О. Шиманська // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. — Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка, 2000. — № 3 (10). — С. 93—97.
  3. *Барна М. М.* Гербарій Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка / М. М. Барна, Н. В. Москалюк // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. — Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка, 2012. — № 1 (50). — С. 5—15.
  4. *Голицький* біостаціонар Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка: створення функціонування та перспективи / М. М. Барна, Л. С. Барна, С. В. Пида, Н. М. Дробик, В. З. Курант, В. В. Грубінко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. — Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка. — 2018. — № 2 (73). — С. 218—233.
  5. *Барна М. М.* Пам'яті Бориса Володимировича Заверухи / М. М. Барна, В. О. Шиманська // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. — Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка, 2001. — № 1 (12). — С. 104—107.
  6. *Барна М. М.* Розвиток ботанічної науки в Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка / М. М. Барна, Л. С. Барна // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. — Тернопіль: ТДПУ ім. В. Гнатюка, 2010. — № 1 (42). — С. 3—25.
  7. *Бібліографія* наукових і науково-методичних праць викладачів хіміко-біологічного факультету Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка 1962–2002 рр. / [уклад. Барна М. М., Похила Л. С., Грубінко та ін.]; за ред. М. М. Барни. — Тернопіль: Видавничий відділ ТДПУ, 2002. — 182 с.
  8. *Нариси* історії хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (1940-2010) / М. М. Барна, В. З. Курант, Л. С. Барна, В. В. Грубінко, Б. Д. Грищук, В. І. Кваша, А. В. Степанюк / За ред. М. М. Барни. — Тернопіль: Підручники і посібники, 2010. — 312 с. іл.
  9. **Пида С. В. В. О. Шиманська — відомий вчений-ботанік Подільського Краю** / С. В. Пида, М. М. Барна, Л. С. Барна // Подільські читання : зб. матеріалів Всеукр. наук. конф., (м. Кременець, 12—13 жовт. 2017 р.) / за заг. ред. Н. І. Дідух, О. І. Цицори. — Кременець: ВЦ КОППА ім. Тараса Шевченка, 2017. — С. 18.
  10. *Українське ботанічне товариство. Довідковий посібник* / Уклад. С. М. Зиман, А. А. Мілько. Відп. ред. К. М. Ситник. — К.: Наук. думка, 1979.
  11. *Українське ботанічне товариство. Довідковий посібник. Вид. друге, допов.* / Уклад. С. М. Зиман, Г. Д. Єрмоленко, О. Л. Ловеліус. Відп. ред. К. М. Ситник. — К.: Наук. думка, 1988.

*S. V. Pyda, M. M. Barna, L. S. Barna*

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

V.YE. SHYMANSKA, OUTSTANDING BOTANIST, PLANT TAXONOMIST, MEDICINAL PLANT AND PHYTOSOOZIOLOGY EXPERT (DEDICATED TO 95TH BIRTHDAY)

The name of Valentyna Yemelianivna Shymanska holds a prominent place among botanical scientists of Ukraine, who by their fruitful scientific activities made a significant contribution to the development of botanical science and to the organization of the pedagogical process of the higher school of Ukraine.

V.Ye. Shymanska is an outstanding Ukrainian botanist, plant taxonomist, florist and medicinal plant expert, Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Botany at Kremenets Pedagogical Institute (1967-1969) and the Ternopil State Pedagogical Institute (1969-1977 and 1981-1988).

Valentyna Yemelianivna Shymanska was born on September 10, 1923 in the town of Dubno, Rivne region, in the family of workers. In 1930 she started a 7-grade school in Dubno, and left it in 1937. In 1939, Valentyna Yemelianivna continued her studies in number 2 school of Dubno and left it in 1941. During World War II, her schooling was interrupted and she got a job as a maintenance worker at the Dubno railway station. In 1946, Valentyna Yemelianivna entered Dubno Pedagogical School. She got a part-time job as an accountant at the pedagogical school and attended evening classes at the secondary school for the working youth.

From 1948 to 1953 she studied at the Faculty of Biology of Ivan Franko Lviv State University. After graduating from the university on August 26, 1953 to 1969 she worked as an assistant, senior teacher, associate professor and head of the Department of Botany at Kremenets State Pedagogical Institute. Over this period she carried out research studies on the resources of medicinal plants in the north-western regions of Ukraine.

Her in-depth research of the resources of medicinal plants allowed Valentyna Yemelianivna to obtain and analyze a large amount of factual data serving the basis for the thesis on the topic: "Medicinal plants of conventional medicine in the northwestern regions of the Ukrainian SSR" which she defended in Lviv University on September 7, 1966. On November 29, 1967, a degree and the diploma of candidate of biological sciences were conferred on her by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Higher and Secondary Education of the USSR and on September 11, 1968, Valentyna Yemelianivna was awarded the academic title of associate professor in the Department of Botany.

A significant amount of her research studies cover issues of the protection and reasonable use of medicinal resources.

V. Ye. Shymanska authored and coauthored over 100 scientific papers. At the Department of Botany of Ternopil State Pedagogical Institute, she launched the project of an herbarium, which today contains more than 30,000 herbarium sheets of plants of the Carpathians, Polissia and other Ukrainian regions.

Finally, V. Ye. Shymanska may be credited with paving the way for future generations of scientists and responsible citizens of Ukraine. Her memory will live on with her colleagues, disciples and friends.

## РЕЦЕНЗІЇ

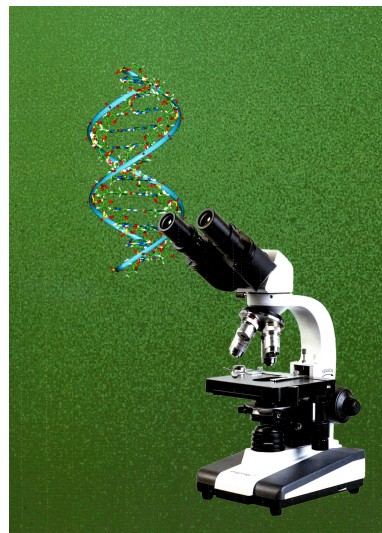
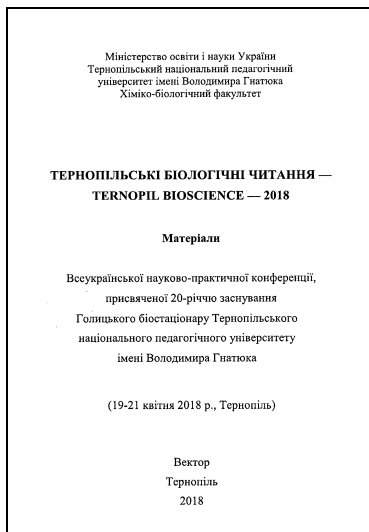
УДК 57:[005/745^378/4(477/84) ТНПУ

М. М. БАРНА, Л. С. БАРНА, Н. М. ДРОБИК С. В. ПИДА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

### **ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «ТЕРНОПІЛЬСЬКІ БІОЛОГІЧНІ ЧИТАННЯ — TERNOPIL BIOSCIENCE — 2018», ПРИСВЯЧЕНА 20-РІЧЧЮ ЗАСНУВАННЯ ГОЛИЦЬКОГО БІОСТАЦІОНАРУ УНІВЕРСИТЕТУ**

В епоху нестримного науково-технічного прогресу перед біологічною наукою постають невідкладні проблеми збереження біорізноманіття, гідроекології та екотоксикології, фізіолого-біохімічної адаптації організмів, генетико-селекційні проблеми створення гетерозисних сортів рослин і високопродуктивних гібридів тварин, біотехнології організмів, успішне вирішення яких дозволить розкрити та з'ясувати ряд причинно-наслідкових закономірностей біологічних процесів.



Саме цим проблемам та перспективам їх вирішення в період з 19 по 21 квітня 2018 року в Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка на базі хіміко-біологічного факультету відбулася Всеукраїнська науково-практична конференція «Тернопільські біологічні читання — Ternopil Bioscience — 2018», присвячена 20-річчю заснування Голицького біостаніонару університету.

Чітка організація роботи науково-практичної конференції була проведена організаційним комітетом:



**ГОЛОВА ОРГКОМІТЕТУ:**

**БУЯК Б. Б.** – ректор ТНПУ імені Володимира Гнатюка, доктор філософських наук, професор.

**СПІВГОЛОВИ ОРГКОМІТЕТУ:**

**ФАЛЬФУШИНСЬКА Г. І.** – проректор з наукової роботи та міжнародного співробітництва ТНПУ, доктор біологічних наук, доцент;

**ДРОБИК Н. М.** – декан хіміко-біологічного факультету ТНПУ, доктор біологічних наук, професор.

**СЕКРЕТАР ОРГКОМІТЕТУ:**

**МАЦЮК О. Б.** – викладач кафедри ботаніки та зоології ТНПУ, кандидат біологічних наук.

**ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ:**

**БАРНА М. М.** – професор кафедри ботаніки та зоології ТНПУ, доктор біологічних наук, заслужений діяч науки і техніки України, професор;

**ГРУБІНКО В. В.** – завідувач кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ, доктор біологічних наук, професор;

**ПИДА С. В.** – завідувач кафедри ботаніки та зоології ТНПУ, доктор сільськогосподарських наук, професор;

**ГЕРЦ А. І.** – заступник декана хіміко-біологічного факультету ТНПУ, кандидат біологічних наук, доцент;

**СТОЛЯР О. Б.** – професор кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ, доктор біологічних наук, професор;

**ПАТИКА В. П.** – завідувач відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, академік НААН України, доктор біологічних наук, професор;

**СТЕПАНЮК А. В.** – професор кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ, доктор педагогічних наук, професор;

**БРОЩАК І. С.** – директор Тернопільської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», кандидат сільськогосподарських наук, доцент;

**ГРИЩУК Б. Д.** – завідувач кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ, доктор хімічних наук, професор;

**КУРАНТ В. З.** – професор кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ, доктор біологічних наук, професор;

**ХОМЕНЧУК В. О.** – доцент кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ, кандидат біологічних наук, доцент;

**ЯВОРІВСЬКИЙ Р. Л.** – завідувач лабораторії морфології та систематики рослин – гербарій ТНПУ;

**СОЗАНСЬКА Н. Й.** – завідувач лабораторії біології та екології «Голицький біостационар університету» ТНПУ.

Відкриваючи конференцію, вступне слово проголосив голова Оргкомітету конференції, ректор Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, професор Б. Б. Буюк, який відмітив, що доброю традицією на хіміко-біологічному факультеті стало проведення міжнародних та всеукраїнських конференцій. Нинішня конференція є підтвердженням тому і вона присвячена 20-річчю заснування Голицького біостационару університету, відповідно до наказу МО України від 13 квітня № 136, в якому зазначено, що зважаючи на те, що Держуправлінням Мінприроди України в Тернопільській області передано Тернопільському педуніверситету під охорону та землекористування заповідний об'єкт – Голицький ботанічний заказник, а Тернопільською дистанцією електропостачання – житловий будинок з господарськими приміщеннями та враховуючи клопотання ректорату Тернопільського педуніверситету імені Володимира Гнатюка, створити Голицький біостационар Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка як структурний підрозділ університету.

За 20-річний період свого існування він перетворився не лише на надійну базу проведення навчальних практик студентів з ботаніки та зоології, а й став науковим центром для проведення глибоких наукових досліджень флори і фауни Голицького ботанічного заказника, що завершувалися публікацією монографій і наукових статей у наукових фахових виданнях, матеріалів і тез доповідей на міжнародних, всеукраїнських конференціях, захистом кандидатської дисертації.

Лише за останні роки на базі Голицького біостаніонару проведено кілька науково-практичних конференцій, в яких брали участь не лише науковці факультету, а й провідні вчені наукових установ НАН України, НААН України, НАПН України та біологічних кафедр вищих навчальних закладів України. Це вселяє надію, що й нинішня Всеукраїнська науково-практична конференція «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience—2018» стане новим етапом у пізнанні та з'ясуванні нових біологічних закономірностей функціонування рослинного і тваринного світу.

Бажаю всім учасникам науково-практичної конференції плідної роботи та подальших звершень у розкритті таємниць природи на благо українського народу та незалежної нашої держави Україна.

З привітаннями до учасників конференції звернулися:

Дробик Н. М. – декан хіміко-біологічного факультету ТНПУ імені Володимира Гнатюка, доктор біологічних наук, професор;

Черняк В. М. – завідувач кафедри змісту і методик навчальних предметів Тернопільського обласного комунального інституту післядипломної педагогічної освіти, доктор біологічних наук, професор;

Сингалевич О. В. – начальник управління екології та природних ресурсів Тернопільської обласної державної адміністрації;

Брошак І. С. – директор Тернопільської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», кандидат сільськогосподарських наук, доцент;

Капелюх Я. І. – природного заповідника «Медобори»;

Герц І. І. – директор Тернопільського обласного центру еколого-натуралістичної творчості учнівської молоді;

Робота Всеукраїнської науково-практичної конференції «Тернопільські біологічні читання — Ternopil Bioscience—2018» була організована на пленарному засіданні, в п'яти секціях, у виїзному засіданні у лабораторії біології та екології «Голицький біостаніонар університету», екскурсії Голицьким ботанічним заказником, підведенні підсумків конференції та прийнятті резолюції.

Заслухано доповіді учасників конференції в таких секціях:

#### **Секція 1. Біорізноманіття та його збереження.**

Головуючі: акад. НААН України Патика В. П.

проф. Барна М. М.

проф. Пида С. В.

Секретар – викл. Герц Н. В.

#### **Секція 2. Еволюційна морфологія та фізіологія організмів.**

Головуючі: доц. О. С. Волошин

доц. І. Б. Чень

Секретар – Мацьків Т. Р.

#### **Секція 3. Молекулярно-генетичні і фізіолого-біохімічні аспекти адаптації організмів та екоотоксикологія.**

Головуючі: проф. Арсан О. М.

проф. Столяр О. Б.

проф. Курант В. З.

Секретар – докторант Боднар О. І.

#### **Секція 4. Сучасні проблеми генетики, екології та біотехнології.**

Головуючі: доц. Брошак І. С.

доц. Герц А. І.

Секретар – доц. Гуменюк Г. Б.

**Секція 5. Методика навчання природничих дисциплін у закладах освіти.**

**Історія біології та біологічної освіти**

Головуючі: проф. Степанюк А. В.

доц. Барна Л. С.

Секретар – доц. Жирська Г. Я.

У секцію «Біорізноманіття та його збереження» надійшло 20 тез доповідей вчених ботаніків і зоологів із науково-дослідних установ НАН України: Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України (Житкевич Н. В., Патики В. П.), Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України (Музика І. І., Опалко А. І., Опалко О. А. Порохнява О. Л.), Природний заповідник «Медобори» (Добривода І. П., Капелюх Я. І. Капустинський А. І., Козира Л. Я.), Національного природного парку «Цуманська пуща» (Bezsmertna O. O., Кирильчук О. О., Ляса З. С.), BioLabTech, Ltd (Zuieva O. A.), Tsumanska Pushcha Kivertsi Nacional Nature Park (Bezsmertna O. O.); національних і державних університетів України: Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка (Барна М. М., Барна Л. С., Гільтай Л. С., Колцуняк М. Ю., Карплюк Н. А., Ленденьова Г. Л., Мацюк О. Б., Сусла О. І., Формазюк Л. В., Шевчик Л. О., Яворівський Р. Л., Ясній М. В.), Рівненський державний гуманітарний університет (Гусаковська Т. М., Захарчук А. Г., Редько К. В., Рудь О. Г.), Nacional University of Life and Environmental (Babytskyi A. I.), Taras Shevchenko Nacional University of Kyiv (Bezsmertna O. O.), Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини (Андрієнко О. Д.); обласних академій: Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія ім. Тараса Шевченка (Іванюк А. С., Цицюра Н. І.).

У представлених доповідях були розкриті важливі питання еволюції, філогенії та систематики окремих таксономічних одиниць рослинного і тваринного світу, проведений аналіз рослин Хмельницької області, занесених до «Червоної книги України. Рослинний світ» (2009), піднято важливе питання щодо статусу природоохоронної території як визначального фактору збереження фіторізноманіття, актуальні питання подальшого розвитку репродуктивної біології рослин (морфогенез генеративних органів, органогенез чоловічих і жіночих репродуктивних структур, біологія цвітіння дуба звичайного в умовах Західного Поділля). Окрім того, було піднято питання щодо доцільності створення біблійного ботанічного саду університету, як естетично-духовного центру для учнівської молоді, студентів вищих навчальних закладів і як туристичного об'єкта міста Тернополя.

*M. M. Barna, L. S. Barna, N. M. Drobnyk, S. V. Pyda*

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

ALL-UKRAINIAN SCIENCE CONFERENCE “TERNOPIL BIOLOGICAL READINGS - TERNOPIL BIOSCIENCE- 2018”, DEDICATED TO THE 20TH ANNIVERSARY SINCE THE ESTABLISHMENT OF HOLYTSKYI PRESERVE OF UNIVERSITY

An in-depth analysis of research findings by scientists of NAS of Ukraine, research institutions of NAAS of Ukraine, NAPS of Ukraine, NAMS of Ukraine, university professors, indicates that the given reports cover the key issues of evolution, phylogeny and systematics of particular taxonomic items of plant and animal kingdoms. Moreover, these research studies deal with crucial issues of modern biology and medicine, stem cells in particular; highlight pressing problems of physiology and biochemistry of living organisms and molecular and genetic aspects of their adaptation to adverse conditions of natural and man-made environment; examine the ecology of the area (ecosystem of the reservoir “Ternopil Pond”: ecological balance and ways to enhance it), of nature reserve fund of Ukraine (extreme climate events in “Medobory” nature reserve), biotechnologies (in vitro cultivation of some species of *Carlina* L. genus), genetic and cell engineering, hydrobiology (interspecies relations of invasive and indigenous fish species in small rivers of urban areas), ecotoxicology, hydrochemistry, soil study, agrochemistry, agriculture (quality and fertility of soils in Ternopil region as part of ecologically clean production). Furthermore, the research findings reveal the peculiarities of the formation of a pigment complex of chlorella influenced by trivalent chromium and quadrivalent

selenium, the accumulation of heavy metals in the seeds of some crops cultivated under the soil-climatic conditions of the Western Podillia.

The reports concerned with teaching highlight the vital issues of training and upskilling of science teachers to fit in modern schools, emphasizing the need for high school students to engage in research studies to contribute to the development of biology and ecology.

At the same time, the presented reports suggest ways to increase the yield of cultivated plants and improve their quality, reduce the human impact on natural ecosystems, detoxification and excretion of xenobiotics from animal organisms.

The resolution adopted by the conference participants calls for the growing need for the research institutions and higher education institutions of Ukraine to continue the research in various fields of biological, medical and agricultural sciences to promote biodiversity, improve the lives of living organisms, including humans, and to preserve nature-friendly environment.

*Key words: Holytskyi botany and entomology preserve of Ternopil National Pedagogical University, hydrobiology, ecotoxicology, soil study, agrochemistry, preservation of biodiversity, man-made environment, crucial issues of ecology, pigment complex of chlorella, invasive and indigenous fish species*

## МОНОГРАФІЯ З ДЕНДРОЛОГІЇ

[Рецензія] <sup>1</sup>С. В. Пида, <sup>2</sup>Н. В. Герц, <sup>3</sup>О. Б. Мацюк, <sup>4</sup>Р. Л. Яворівський. **Барна М. М., Барна Л. С. Дендрарій** Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка **та перспективи створення біблійного ботанічного саду**: монографія. Тернопіль: ТзОВ «Терно-граф», 2017. 320 с.: іл.



У тернопільському видавництві ТзОВ «Терно-граф» у 2017 р. вийшла друком монографія **Дендрарій** Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка **та перспективи створення біблійного ботанічного саду** двох відомих вчених: доктора біологічних наук, заслуженого діяча науки і техніки України, професора кафедри ботаніки та зоології Барни Миколи Миколайовича і кандидата педагогічних наук, доцента кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка Барни Любові Степанівни.

Слушно зауважити, що дендрологічна наука одержала досить оригінальну монографію щодо створення арборетуму вищого навчального закладу та його використання у навчально-виховній та науково-дослідній роботі студентів, магістрантів, аспірантів та професорсько-викладацького персоналу хіміко-біологічного факультету університету.

<sup>1</sup>**Пида Світлана Василівна** – академік Академії наук вищої освіти України, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна.

Тел. 0352-22-38-62, 067-855-26-76. E-mail barna@chem-bio.com.ua

<sup>2</sup>**Герц Наталія Володимирівна** – кандидат біологічних наук, викладач кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна.

Тел. 0352-22-38-62, 067-855-26-76. E-mail barna@chem-bio.com.ua

<sup>3</sup>**Мацюк Оксана Богданівна** – кандидат біологічних наук, асистент кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна.

Тел. 0352-22-38-62, 067-855-26-76. E-mail barna@chem-bio.com.ua

<sup>4</sup>**Яворівський Руслан Любомирович** – завідувач навчальної лабораторії морфології та систематики рослин – гербарієм кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна.

Тел. 0352-22-38-62, 067-855-26-76. E-mail barna@chem-bio.com.ua

У структурному відношенні монографія включає: Зміст. Передмову. Десять розділів: Розділ 1. Короткий нарис історії розвитку знань про деревні рослини. Розділ 2. Матеріал, методи та джерельна база дослідження. Розділ 3. Передумови створення дендрарію Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Розділ 4. Озеленення території педагогічного інституту. Розділ 5. Таксономічна та біологічна характеристика видів Голонасінних рослин дендрарію. Розділ 6. Таксономічна та біологічна характеристика видів Квіткових або Покритонасінних рослин дендрарію. Розділ 7. Використання дендрарію у навчально-виховному процесі та науково-дослідній роботі. Розділ 8. Перспективи створення біблійного ботанічного саду університету. Розділ 9. Реконструкція структурних підрозділів дендрарію. Розділ 10. Основні наукові та науково-методичні праці ботаніків Тернопільщини з дендрології. Післямову. Додатки. Список використаних джерел.

Коротко зупинимось на аналізі структури монографії, починаючи з передмови, в якій автори дуже вдало, використавши слова всесвітньо відомого біохіміка Ервіна Чаргафа, взяли їх за епіграф:

*Для мене існує три ознаки,  
за якими я визначаю стан цивілізованості народу:  
як він обходиться з деревами;  
як він поводить з своїми дітьми і старими;  
як він ставиться до своєї мови...*

**\*Ервін Чаргафф**

Проведений аналіз текстової частини монографії дозволяє нам заключити, що в ній підведені підсумки за майже 50-річну історію функціонування дендрарію, проведення ботанічних і дендрологічних досліджень, навчальних, наукових та науково-методичних досягнень. В передмові автори монографії відмічають:

«Історія створення та функціонування дендрарію Тернопільського національного педагогічного університету сягає другої половини ХХ та початку ХХІ ст. і тісно пов'язана з Кременецьким ботанічним садом, Гермаківським та Хоростківським дендропарками загальнодержавного значення Тернопільської області, з яких були одержані саджанці дерев, кущів і ліан, які нині ростуть на території дендрарію університету. Сьогодні дослідження в різних галузях ботанічної науки і дендрології значно розширилися і поглибилися, що сприяло збагаченню ботаніки та дендрології новими даними та утворенню нових їх розділів, зокрема таких як: загальна та декоративна дендрологія, екологія рослин, флорогенетика, хорологія, урбанofлора, екосистемологія, геосоціосистемологія, середовищезнавство, ембріологія (порівняльна, експериментальна та екологічна), цитоембріологія, репродуктивна біологія та ін.

Водночас у літературі дуже обмежені дані щодо створення дендраріїв (арборетумів) та їх використання у навчально-виховному процесі з біологічних дисциплін (лабораторні заняття, навчальні практики з ботаніки та дендрології, використання у навчально- та науково-дослідній роботі студентів з ботаніки та дендрології на ботанічних кафедрах багатьох класичних і профільних університетів України.

Тому існує потреба у виданні, яке б узагальнило та доповнило інформацію щодо проведення наукових досліджень і використання арборетумів у навчально-виховному процесі з ботаніки та дендрології, підведенні підсумків 50-річної історії функціонування дендрарію, та накреслення найголовніших напрямків подальшого розвитку дендрарію, а також накреслення перспектив створення біблійного ботанічного саду університету. У контексті історико-культурного розвитку Тернопільщини в пропонованій монографії розглядаються питання функціонування Кременецького ботанічного саду та парків м. Тернополя».

---

\*Примітка. Слова, взяті за епіграф, належать всесвітньо відомому біохіміку Ервіну Чаргаффу, який народився 1905 року в Чернівцях. Геніальність цього вченого ознаменувала новий етап у розвитку світової науки, який розпочався з відкриття ДНК [Рослини Святого Письма, с. 11].

У першому розділі автори монографії акцентують свою увагу на тому, що: «Народні знання та уявлення про деревні рослини в людей напевно почали формуватися в перші дні свідомого їх існування. Деревні рослини цікавили первісну людину під час відбору рослин, передусім, для їжі, виготовлення одягу та лікування, вони цікавлять сучасника з позиції наукового пізнання й використання рослинної продукції в різних галузях виробництва та різних сферах духовних потреб (харчові, лікувальні, декоративні види, деревні види для одержання деревини, види рослин для виробництва тканин тощо). Глибокими були донедавна уявлення людини про деревні рослини. Вони знали понад тисячу видів рослин.

Народні знання українців про деревні рослини значною мірою оригінальні і своєрідні, по-перше, — це своєрідне джерело мудрості, по-друге, — це елемент культурної спадщини народу, а, по-третє, — це ланка, яка з'єднує минуле з сьогоденням і на цій основі творить нові галузі знань. Вони ґрунтуються на багатотисячолітніх спостереженнях за природою і навколишнім середовищем. В Україні особливою шаную і популярністю користувалися такі лісові дерева та кущі, як дуб, бук, ялина, смерека, верба, тополя, липа, берека, явір, калина, ліщина, а також плодови дерева та кущі: яблуня, вишня, слива, черешня, грецький горіх, агрус, порічки, смородина та багато інших.

Знання, одержані внаслідок тривалого часу спостережень за рослинами в природі, закріплювались у практичному досвіді. Наприклад, деревину дуба, бука, берези, ялиці, смереки, сосни, явора використовували як будівельний матеріал для спорудження житла, ткацьких верстатів, возів, віялок, борін, прядок; пшеницю, жито, ячмінь овес — як харчові продукти; яблуню, вишню, сливу, горіх грецький, порічки, чорну смородину, агрус розводили для одержання фруктів і ягід; коноплі, льон використовували для виготовлення одягу, мішків, канатів, шнурків і одержання олії; ліщину, вербу прутоподібну — для виготовлення кошиків; калину, шипшину, чорницю, суницю, нагідки, хвощ, медвежі вушка — як лікарські засоби тощо.

Дерева, кущі та ліани — життєві форми (біоморфи) деревних рослин з давніх-давен цікавили людину. Відтак вони знайшли притулок в людських оселях. Спочатку їх вирощували для одержання продуктів харчування (плодів, ягід тощо), спорудження житла, лікування, виготовлення одягу, а, починаючи з V ст. до н. е. вони стали об'єктами наукового пізнання, дослідження та узагальнення. Згодом людина виявила в них не лише корисні ознаки, але й красиві особливості. Нині людину все більше цікавлять естетичні якості дерев, кущів і ліан і вони є об'єктом вивчення, розмноження й охорони в ботанічних садах, дендрологічних парках, дендраріях, парках і скверах».

Другий розділ присвячений методам та аналізу джерельної бази дослідження, в якому наведені основні методи дослідження, застосовані у процесі створення дендрарію та догляду за рослинами, а також аналізу монографій, підручників, навчальних посібників, визначників, словників, довідників, на які автори зсилаються, характеризуючи історичні аспекти того чи іншого етапу розвитку дендрології та ботаніко-дендрологічної характеристики видів Голонасієвих і Квіткових рослин.

В третьому розділі розкриті передумови створення дендрарію Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, головною з яких автори монографії вважають перебазування Кременецького державного педагогічного інституту до м. Тернополя та створення вищого навчального педагогічного закладу четвертого рівня акредитації.

Четвертий розділ присвячений питанню озеленення території навколо головного навчально-адміністративного корпусу та всієї території університету і створення дендрарію Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

П'ятий і шостий розділи монографії присвячені характеристиці видів з відділів Голонасієвих, або Пінофіти (*Pinophyta*) та Магноліофіти, Квіткові, або Покритонасієві рослини (*Magnoliophyta*, *Anthophyta*, або *Angiospermae*). Для всіх видів дерев, кущів і ліан дендрарію наведене систематичне положення (відділ, клас, підклас, порядок, родина, рід, а для деяких в межах роду — форму, різновидність, гібрид, сорт) та місцезростання в конкретному підрозділі дендрарію: агробіологічна лабораторія, дендропарк, внутрішній рекреаційний дворик та на конкретній еколого-рекреаційній ділянці стан рослин, їх цвітіння та плодоношення, занесення того чи іншого виду деревних рослин до Червоної книги України. Рослинний світ (2009) тощо.

У цьому розділі висвітлено питання щодо використання дендрарію у навчально-виховному процесі та науково-дослідній роботі студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів. Восьмий розділ монографії присвячений перспективам створення біблійного ботанічного саду університету, а дев'ятий розділ — реконструкції структурних підрозділів дендрарію та заміні засохлих і пошкоджених снігом рослин і впровадження на територію дендрарію рослин, які згадуються на сторінках Святого Письма та рослин, занесених до «Червоної книги України. Рослинний світ» (2009), які передбачається висадити в біблійному ботанічному саду університету. В дев'ятому розділі порушується питання щодо реконструкції структурних підрозділів дендрарію у зв'язку з тим, що з часу посадки перших дерев у 1971 р. пройшло майже 47 років і окремі дерева сягнули заввишки 20-24 м, а окремі кущі почали всихати і втрачають декоративний вигляд. З цього приводу автори монографії справедливо зауважують: «Щодо перспектив заміни дерев і кущів, що зростають на території дендрарію, то передусім необхідно провести реконструкцію внутрішнього рекреаційного дворику шляхом вирубування дерев ялівцю звичайного (*Juniperus communis* L.), одного дерева кипарисовика горохоплодного (*Chamaecyparis pisifera* (Sieb. et Zuss.) Endel.), спіреї середньої (*Spiraea media*), що ростуть у внутрішньому рекреаційному дворіку дендрарію і поламани снігопадом у листопаді 20016 року. Що торкається кулеподібних кущів бирючини звичайної (*Ligustrum vulgare* L.), то вони втратили біологічні (засохли скелетні і бічні пагони), естетичні (кулеподібні форми перетворилися на розлогі, зігнуті тощо) властивості і вони повинні бути ліквідовані в осінньо-зимовий період 2018 р.

В останньому десятому розділі наведені й аналізуються наукові праці вчених Тернопільщини, присвячені різним аспектам дендрології, зокрема: дослідженню дендрофлори дендрарію університету, створення дендропарків і парків навколо приватних маєтків на Тернопільщині в минулому, морфогенезу репродуктивних органів деревних рослин, цитоембріології та біології цвітіння деревних видів, питанням охорони рідкісних і зникаючих видів дерев і дендрофлори в цілому.

Монографія розкриває шлях створення, функціонування та використання дендрарію в навчально-виховному процесі студентів і магістрантів хіміко-біологічного факультету, географічного факультету та факультету мистецтв Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, показує, що в цій справі майже за 50 – річний період нагромаджено великий досвід, який у поєднанні із сучасним станом біологічної науки у Кременецькому ботанічному саду, на кафедрі загальної екології та фізіології рослин біологічного факультету Кременецької обласної гуманітарно-педагогічної академії імені Тараса Шевченка, Медоборському заповіднику та їхніми вагомими здобутками в цій галузі науки дає підстави вважати дендрологію ціннісною складовою ботанічної науки України, вселяє впевненість в успішному вирішенні проблем ботаніки та дендрології, які постають перед ними в третьому тисячолітті.

Зі свого боку зауважимо, що до сьогоднішнього дня монографії щодо створення, становлення та використання дендраріїв (арборетумів) у навчально-виховному процесі студентів та проведення в них дендрологічних досліджень не видавалися. Певною мірою заповнити цю прогалину покликана рецензована нами монографія. При її підготовці автори використали великий обсяг матеріалу: монографії, довідники, словники, підручники, навчальні посібники, зокрема, «Червона книга України. Рослинний світ» (2009), періодичну літературу з різних галузей ботаніки, дендрології, архівні матеріали, матеріали з Інтернет-сторінки, власні матеріали та світліни.

Як зазначається в рецензованій монографії: «Автори не претендують на повне і завершене дослідження і усвідомлюють, що пропонована монографія не позбавлена недоліків і далеко не повна. Пропонована праця — це ще одна розвідка не достатньо вивченої проблеми в галузі ботаніки та дендрології. Водночас сподіваємося, що ця книга спонукатиме користувачів до глибшого вивчення декоративних властивостей та особливостей деревних видів і сприятиме реальному розумінню описаних в ній теологічного значення та біологічних особливостей видів рослин, які згадуються на сторінках Святого Письма.



Використання матеріалів монографії допоможе користувачам у своїй практичній діяльності чи у процесі створення арборетумів навчальних закладів, чи в озелененні садово-декоративної ділянки в дачному кооперативі, чи в озелененні приватного маєтку, прибудинкової території місця проживання, організації, підприємства, навчального закладу чи офісу.

Нам вбачається, що вона може особливо пригодитися вчителям біології, які у своїй повсякденній навчально-виховній діяльності так чи інакше тісно зв'язані з використанням представників царства «Рослини». Тому будемо вдячні всім за критичні зауваження та побажання, які можна буде врахувати при повторному її виданні.

Пропонована монографія розрахована на науковців, викладачів, докторантів, аспірантів, магістрантів і студентів біологічних і мистецьких факультетів, студентів неспеціальних закладів, які вивчають дисципліни: «Ботаніка», «Дендрологія», «Декоративна дендрологія», вчителів-біологів середніх навчальних закладів, а також усіх, хто цікавиться ботанікою і дендрологією та історією їх розвитку.

Дуже вдало і своєчасно автори відмічають велику організаційну роботу колишнього ректора Тернопільського державного педагогічного інституту, доцента М. Л. Бригінця, завідувача кафедри ботаніки, доцента В. О. Шиманської та всіх колишніх і нинішніх викладачів кафедри ботаніки за їх титанічну роботу щодо організації та реалізації першого та наступних періодів і етапів створення дендрарію (1969—1970 рр. — періоду створення навчально-дослідної агродільниці; 1971—1973 рр. — періоду створення дендропарку), колишнього ректора педагогічного інституту (1974—1982 рр.) професора О. Ф. Явоненка за глибоке розуміння, організацію та прикладені зусилля щодо успішного проведення озеленення всієї території Тернопільського державного педагогічного інституту, особливо озеленення фасаду навколо головного навчально-адміністративного корпусу (1976—1977 рр.) та озеленення всієї території, що прилягає до головного навчально-адміністративного корпусу (1978—1982 рр.), а також колишніх ректорів педагогічного інституту доцента І. М. Бутницького (1982—1984 рр.), доцента Ю. В. Іващенко (1984—1990 рр.) та ректора Тернопільського державного і національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, академіка НАПН України, професора В. П. Кравця за сприяння та допомогу щодо догляду за дендрарієм упродовж багатьох років і реконструкції еколого-рекреаційних ділянок і оновлення та заміни деревних рослин дендрарію. Завдяки їхнім зусиллям нині функціонує дендрарій Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, який успішно використовується у навчально-виховному процесі студентів і магістрантів та в науково-дослідній роботі аспірантів і викладачів кафедри ботаніки (нині кафедри ботаніки та зоології).

Особливі сподівання автори монографії покладають на нинішнє керівництво університету в особі ректорату та його ректора, доктора філософських наук, професора Б. Б. Буяка, першого проректора університету, члена-кореспондента НАПН України, доктора педагогічних наук, професора Г. В. Терещука, проректора з наукової роботи та міжнародного співробітництва університету, доктора біологічних наук, професора Г. І. Фальфушинську, проректора з соціально-економічного розвитку університету О. М. Гирила, деканат хіміко-біологічного факультету в особі декана факультету, доктора біологічних наук, професора Н. М. Дробик, завідувача кафедри ботаніки та зоології, доктора сільськогосподарських наук, професора С. В. Пиду, декана факультету мистецтв, доцента З. М. Стельмашука та завідувача кафедри образотворчого мистецтва, дизайну та методики їх викладання, доцента О. М. Дячок, декана історичного факультету, доцента В. В. Міська щодо реалізації накреслених завдань і перспектив створення біблійного ботанічного саду університету, який повинен стати осередком духовно-естетичного розвитку учнів загальноосвітніх шкіл, гімназій, ліцеїв і коледжів, студентів вищих навчальних закладів, цікавим екскурсійним об'єктом міста Тернополя. Бо як пишуть автори книги «Рослини Святого Письма» Світлана Руденко, Оксана Івасюк, Степан Костишин, протоієрей Микола Щербань :

«Дослідження біблійних рослин має багатогранне значення, оскільки Біблія містить багато цікавих відомостей для спеціалістів-біологів. Ботаніків вона збагачує безцінною

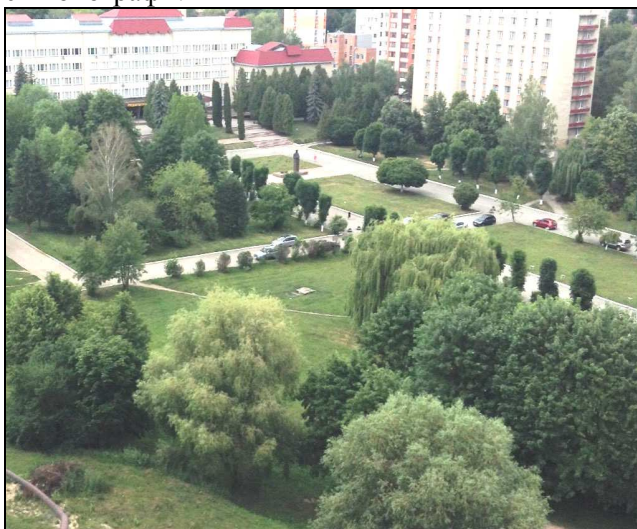
## РЕЦЕНЗІЇ

інформацією про рослинний світ, поширений тисячоліття тому на берегах Середземного та Червоного морів. Генетикам і селекціонерам рослини Святого Письма дають можливість уточнити відомості про центри походження культурних рослин, що, як відомо, збігаються з давніми цивілізаціями і слугують осередками найбагатішого генофонду цих рослин».

Рецензована нами монографія ілюстрована прекрасно виготовленими авторськими кольоровими світлинами.

Отже, реалізація цього наукового задуму — це створення своєрідного духовного і культурно-естетичного центру університету, що відіграватиме позитивну роль у підготовці висококваліфікованих фахівців з біології, ландшафтного дизайну та інших спеціальностей і спеціалізацій і сприятиме поширенню духовної та декоративно-естетичної культури серед учнівської та студентської молоді, глибокому засвоєнню студентами та магістрантами декоративних властивостей дерев і кущів, дбайливому ставленню та відношенню до рослин з метою їх охорони для майбутніх нащадків. бачається

Як нам вбачається, доцільно помістити в рецензію декілька кольорових ілюстрацій, які естетично збагачують зміст монографії.



Загальний вигляд дендрарію з боку фасаду головного навчально-адміністративного корпусу Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Під зеленою стрілкою – пам'ятник Володимиру Гнатюку.



Загальний вигляд внутрішнього рекреаційного дворика – структурного підрозділу дендрарію Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

**[Review] S. V. Pyda, N. V. Herts, O. B. Matsiuk, R. L. Yavorivskyi Barna M.M. , Barna L.S. Arboretum of Ternopil National Pedagogical University and prospects of constructing Biblical Botanical Garden: monograph. Ternopil: LLC “Ternograph”, 2017. 320 p.: ill.**

The monograph outlines the conception, construction, operation and the use of the Arboretum for the training of undergraduates and graduates of chemical-biological faculty, geographical faculty and the Faculty of Arts of Ternopil National Volodymyr Hnatiuk Pedagogical University, and highlights its 50-year experience.

The given monograph is intended for scholars, university teachers, doctoral students, graduates, masters and students of the biological and art faculties, students majoring in other disciplines and studying Botany, Dendrology, Ornamental Dendrology, teachers-biologists of secondary educational institutions, as well as for all who are interested in Botany and dendrology.

It can also be of great use for the biology teachers who embrace the study of plants in their daily teaching.

The monograph promotes the idea of Biblical Botanical Garden of the University to become a hub of spiritual and aesthetic development of students of secondary schools, gymnasiums, lyceums and colleges, students of higher educational establishments, and one of the sights in the city of Ternopil. The given study is also illustrated with color pictures.

Thus, the realization of this project is the creation of a spiritual and cultural-aesthetic Center of the University, which will enhance the training of experts in biology, landscape design and other fields, foster the sense of beauty, help students to master dendrology and study the properties of trees and bushes, and above all raise environmental awareness among people to respect and protect the environment.

## ВТРАТИ ОСВІТИ І НАУКИ

УДК: 58(092)(477) Мусатенко

<sup>1</sup>С. В. ПИДА, <sup>2</sup>І. П. ГРИГОРЮК, <sup>1</sup>М. М. БАРНА

<sup>1</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

### ПАМ'ЯТІ ЧЛЕНА-КОРЕСПОНДЕНТА НАН УКРАЇНИ ЛЮДМИЛИ ІВАНІВНИ МУСАТЕНКО (24.02.1936 – 26.09.2018)



**ЧЛЕН-КОРЕСПОНДЕНТ НАН УКРАЇНИ ЛЮДМИЛА ІВАНІВНА МУСАТЕНКО**

**«...світову відомість їй принесло вивчення  
рослинних гормонів, яке до певної міри  
продовжує класичні дослідження  
М. Г. Холодного. Її наукові зв'язки з ученими  
Чехії, Словаччини і США добре відомі у світі».**

*Професор Університету  
м. Сліппері, США*

26 вересня 2018 року на 83-му році зупинилося серце визначного вченого, фізіолога рослин, доктора біологічних наук, професора, члена-кореспондента НАН України, заслуженого діяча науки і техніки України, лауреата премії НАН України імені М.Г. Холодного, головного наукового співробітника відділу фітогормонології Інституту ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України Людмили Іванівни Мусатенко.

Народилася 24 лютого 1936 року в Києві в родині журналіста газети «Вісті України» Івана Дмитровича і Галини Олександрівни Некрасових. У 1958 р. Людмила Іванівна закінчила біолого-грунтознавчий факультет Київського державного університету ім. Т. Г. Шевченка за спеціальністю «фізіологія рослин». Свою трудову діяльність розпочала з 1957 р. у відділі фізіології рослин Інституту ботаніки АН УРСР, де пройшла шлях від лаборанта до завідувача відділу.

Свої перші наукові дослідження з вивчення особливостей азотного обміну як складової частини росту і розвитку рослин вона розпочала під керівництвом та у тісній співпраці з майбутніми академіками НАН України К. М. Ситником та А. М. Гродзинським. Під керівництвом академіка С. М. Гершензона отримала нативну ДНК з листків кукурудзи, що стало першим її науковим успіхом. У 1967 р. успішно захистила дисертацію на тему: «Азотсодержащие соединения и рост растений» на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук.

Головним науковим спрямуванням Людмили Іванівни Мусатенко було дослідження процесів росту і розвитку рослин. Особливу увагу вона приділила вивченню механізмів регуляції, за допомогою яких інтегруються біохімічні й фізіологічні процеси, реалізуються корелятивні зв'язки між різними органами рослин у ході їх індивідуального розвитку. Результативним науковим пошуком Л. І. Мусатенко сприяє творча співпраця впродовж усього трудового життя з академіком Костянтином Меркурійовичем Ситником. Дослідження з фізіології вегетативних органів рослин були узагальнені Л. І. Мусатенко разом з науковцями відділу у фундаментальних, широко цитованих монографіях «Физиология корня» (1972), яка була удостоєна премії ім. М. Г. Холодного НАН України і «Физиология листа» (1978). Об'єктом пізніших досліджень вченої були початкові стадії онтогенезу рослин. Особливий акцент вона зробила на вивчення клітинного росту й метаболізму зародкових органів в ембріогенезі та при проростанні насіння. Зазначену вище проблему Людмила Іванівна глибоко дослідила, проаналізувала і узагальнила у докторській дисертації «Рост и метаболизм зародышевых органов растений», яку успішно захистила в 1985 р. Л. І. Мусатенко вперше сформулювала концепцію про провідну роль гіпокотилу як фактора запуску росту при кільченні дводольних, побудувала схему росту і метаболізму осьових органів зародка дозріваючого і проростаючого насіння.

У 1979 р. Л. І. Мусатенко очолила відділ фізіології рослин Інституту ботаніки АН України. Під її керівництвом розгорнулись комплексні дослідження ендогенних фітогормонів на різних етапах формування органів та при дозріванні, стратифікації і проростанні насіння різних типів. У 1991 р. відділ фізіології рослин було перейменовано у відділ фітогормонології. У цей час під керівництвом і за безпосередньої участі Л. І. Мусатенко розпочато пріоритетні дослідження гормонального комплексу грибів, морських і прісноводних водоростей, представників різних систематичних груп судинних рослин, що становить значний теоретичний інтерес для вирішення питань щодо виникнення і розвитку гормональної системи регуляції в ході еволюції рослинного світу. Результати досліджень узагальнено в монографії «Гормональный комплекс растений и грибов» (2003).

Під керівництвом Л. І. Мусатенко вивчався адаптаційний аспект функціонування гормональної системи, зокрема, за дії різноманітних зовнішніх чинників, включаючи умови космічного простору. Зазначені вище дослідження були проведені в рамках українсько-американського експерименту під час польоту першого українського космонавта на кораблі «Колумбія» у 1997 р.

Л. І. Мусатенко був притаманний глибокий інтерес до багатьох галузей ботанічної науки, про що свідчать зібрані нею під час морських експедицій і далеких відряджень цінні колекції різних видів рослин, які поповнили Національний гербарій та Ботанічний музей НАН України.

Організаторський талант вченої проявився в експедиціях на науково-дослідному судні «Академік Вернадський», де Людмила Іванівна очолювала роботу біологічних загонів. У 1991 р. її було призначено начальником біологічної експедиції з дослідження Індійського океану та присвоєно звання професора, а в 2003 р. обрано членом-кореспондентом НАН України по Відділенню загальної біології НАН України.

Окрім того, за словами багатьох світових учених-біологів і викладачів вищих навчальних закладів України член-кореспондент НАН України Л. І. Мусатенко була обдарованим дослідником і організатором, їй були притаманні риси сучасного вченого в галузі фізіолого-біохімічних механізмів росту рослин і функцій фітогормонів у регуляції морфогенезу. Вона, на думку колег, характеризувалася невичерпною працездатністю, науковою принциповістю, особистою дисциплінованістю, вимогливістю до себе та своїх учнів, яка перепліталася з безпосередністю та оптимізмом, глибокою повагою до колег і друзів, любов'ю до науки і природи, сповідувала принципи людської та наукової етики, завжди активно відстоювала свою наукову та громадянську позицію. Її проникливий розум і глибинне мислення допомагали долати будь-які труднощі. Твердий характер, наполегливість і сміливість завжди поєднувалися у ній з мудрістю, людяністю та щирістю.

Автори статті особисто були знайомі з Л. І. Мусатенко, неодноразово зустрічалися на засіданнях спеціалізованої вченої ради із захисту докторських і кандидатських дисертацій при Інституті фізіології рослин і генетики НАН України, в Інституті ботаніки ім. М.Г. Холодного, наукових форумах тощо.

У науковому доробку Людмили Іванівни 6 монографій, понад 500 наукових праць. Вона створила власну наукову школу, підготувала 1 доктора і 17 кандидатів наук, плідно працювала у спеціалізованих вчених радах при Київському національному університеті імені Тараса Шевченка та Інституті фізіології рослин і генетики НАН України.

Людмила Іванівна у своїй науковій діяльності завжди була послідовником ідей академіка Миколи Григоровича Холодного. Разом з академіком К. М. Ситником вона була ініціатором і брала активну участь у заснуванні наукових читань, присвячених пам'яті М. Г. Холодного, у святкуванні ювілейних дат, створенні кабінету-музею Миколи Григоровича.

Наукова та громадська діяльність Л. І. Мусатенко була високо оцінена, її нагороджено орденом «Знак Пошани», Почесною Грамотою Верховної Ради України, Відзнакою НАН України «За підготовку наукової зміни», присвоєно почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України», відзначено премією НАН України імені М. Г. Холодного та численними грамотами.

Людмила Іванівна продовжувала працювати до останніх днів свого життя. Її життєвий шлях – взірць відданості улюбленій справі.

Пам'ять про члена-кореспондента НАН України, професора Людмилу Іванівну Мусатенко – видатного вченого-фізіолога рослин назавжди залишиться в серцях її рідних, друзів, колег та учнів. Із глибокою шаною і вдячністю наукова спільнота пам'ятатиме цю яскраву, непересічну людину і її внесок у розвиток біологічної науки.

*S. V. Pyda, I. P. Hryhoriuk, M. M. Barna*

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

IN MEMORY OF LIUDMYLA IVANIVNA MUSATENKO, CORRESPONDING MEMBER OF NAS OF UKRAINE (24.02.1936 – 26.09.2018)

On September 26, 2018 Liudmyla Ivanivna Musatenko, who was a renowned scientist, plant physiologist, PhD in biology, Professor, Corresponding member of NAS of Ukraine, laureate of M. G. Kholodny Award, leading research fellow of Department of Phytohormonology of M.G. Kholodny Institute of Botany, breathed her last. She was 83 years old.

Liudmyla Ivanivna was born on February 24, 1936 to the Nekrasov family of Ivan Dmytrovych, working as a journalist at “News of Ukraine”, and Halyna Oleksandrivna. In 1958 she graduated from Kyiv State T. Shevchenko University, Biology and Soil Science faculty, majoring in “plant physiology”. Her scientific career started in 1957 at the department of physiology of plants at the

Institute of Botany of AS of USSR, where she climbed up the career ladder from laboratory assistant to the head of the department.

In 1979 L.I. Musatenko was appointed to the position of the head of the Department of plant physiology at the Institute of Botany of NAS of Ukraine. She launched large-scale research projects of endogenous phytohormones at early stages of the formation of organs and ripening, stratification and germination of seeds of various types. Simultaneously, she commissioned and worked on foreground research studies on the hormonal complex of fungi, sea and freshwater algae, various groups of vascular plants, thus contributing to the theory and practical implications concerning the origin and development of the hormonal system of regulation in the process of evolution of plants. The research findings are summarized in the monograph "Hormonal complex of plants and fungi" (2003).

As a scientist Lyudmila Ivanivna has always followed in the footsteps of academician M.G. Kholodny. Together with academician K. M. Sytnyk she initiated and participated in the scientific readings commemorating M.G. Kholodny, celebrating anniversaries and starting a museum in his honour.

Liudmyla Ivanivna authored 6 monographs, and over 500 research works. She set up a school of sciences and supervised 1 doctoral and 17 candidate's thesis works.

The memory of Professor Liudmyla Ivanivna Musatenko will live on with her colleagues, disciples and friends.

*Key words: plant physiology, phytohormones, hormone complex, fungi, sea and freshwater algae, vascular plants, evolution, plants*

УДК 598.2 (092) Талпош

М. А. КРИЖАНОВСЬКА, Н. В. МОСКАЛЮК, Л. О. ШЕВЧИК

**ПАМ'ЯТІ ВІДОМОГО ОРНІТОЛОГА, ПЕДАГОГА І НАТУРАЛІСТА –  
ТАЛПОША ВАСИЛЯ СТЕПАНОВИЧА (до 80-річчя від дня народження)**



**ТАЛПОШ ВАСИЛЬ СТЕПАНОВИЧ**

Є імена і постаті, які ввійшли до світової науки, однак, є й ті, які більше відомі певній науковій спільноті або окремому колу людей, проте кожний з них так чи інакше робить свій внесок у її розвиток. Одним із видатних орнітологів Західної України був Талпош Василь Степанович (24.04.1938 р – 30 грудня 2006 р).

Василь Степанович мав гарну наукову школу. Серед його вчителів були видатні науковці: Комендар В. І. (ботанік, доктор біологічних наук, професор Ужгородського державного університету, а згодом Національного університету «Кисво-Могилянська академія»), І. І. Колюшев (зоолог), К. К. Фасулаті (автор унікальних методичних розробок по збору, фіксуванню, обробки та зберіганню матеріалів фауни безхребетних тварин).

Все життя набуті знання Талпош В.С. віддавав студентам, спочатку на посаді наукового співробітника та виконуючого обов'язки завідувача зоологічного музею Ужгородського



університету, старшого викладача кафедри зоології Кременецького педагогічного інституту, а відтак, доцента кафедри зоології Тернопільського державного педагогічного інституту.

Знаний в Україні орнітолог, талановитий вчитель – Талпош Василь Степанович – залишив яскраві сторінки наукових праць, що і сьогодні важливі для вчених чи для тих, що починаючи працювати на орнітологічній ниві, дбає про збереження природи рідного краю.

В травні 1969 р. Василь Степанович захистив кандидатську дисертацію зі спеціальності 097-зоологія на тему «Птицы Закарпатской низменности» [4].

Матеріалом для дисертації послужили спостереження автора, що проводилися упродовж 1960-1968 рр., а також фондові колекції Зоологічного музею та кафедри зоології Ужгородського університету, Закарпатського обласного краєзнавчого музею, кафедри зоології Кременецького педінституту, де було переглянуто 500 шкірок і опудал птахів. Паралельно Талпошем В. С. проводилися спостереження у Карпатах. У ході проведення польових досліджень було обстежено 518 гнізд, виміряно та зважено 472 яйця, проаналізовано вміст 802 шлунків і 760 палеток. В процесі наукового дослідження була зібрана колекція птахів, яка налічувала понад 600 тушок.

Він перший досліджував птахів в урбанізованому середовищі Закарпатського регіону, а саме, птахів деяких населених пунктів Закарпатської низовини (міста Мукачєво, Ужгород, Виноградово та ряду сіл). Велику увагу дослідник приділяв вивченню птахів густозаселених територій Закарпатської низовини [15], детально описав сезонні коливання чисельності птахів досліджуваного регіону.

В. С. Талпош відмічав, що вже в 20-30-х роках минулого століття в урочищі Чорний Мочар було багато водолюбних птахів, таких як: широконоска (*Anas clypeata*), косар (*Platalea leucorodia*), сіра качка (*Anas strepera*), сірий гусак (*Anser anser*), велика (*Ardea alba*) та мала біла чаплі (*Egretta garzetta*), чорна крячка (*Chlidonias niger*), шилохвіст (*Anas acuta*), ходулочник (*Himantopus himantopus*) і журавель сірий (*Grus grus*). Також недалеко від урочища були відмічені скупчення білощокої крячки, іноді бачили рожевого пелікана (*Pelecanus onorcorotalus*) [1].

Досить цікавими були праці, присвячені вивченню екології чайки звичайної (*Vanellus vanellus*) як на Заході, так і на усій території України. Власне Василь Степанович виявив чайку звичайну в долині р. Серет, на ставку біля с. Ренів Зборівського р-ну, Тернопільської області [14].

Велику кількість своїх досліджень В. С. Талпош приділяв вивченню фауни Тернополя і його околиць [6, 8, 10]. До 1998 року в місті Тернополі зареєстровано 194 види птахів, які належать до 20 родів, 47 родин, 17 рядів. Орнітолог стверджував, що найбільш широко в регіоні представлені птахи ряду Горобцеподібні (*Passeriformes*) – 90 видів, Гусеподібні (*Anseriformes*) – 26 видів, Сивкоподібні (*Charadriiformes*) – 20 видів і Соколоподібні (*Falconiformes*) – 13 видів [8]. Найбільш чисельні види гніздової фауни міста Тернополя: сизий голуб (*Columba livia*), міська ластівка (*Delichon urbicum*), сіра мухоловка (*Muscicapa striata*), зяблик (*Fringilla coelebs*), хатній горобець (*Passer domesticus*). Рідкісними видами, які поширені в околицях міста, науковець, за результатами проведених досліджень, вважав: синьгу (*Melanitta nigra*), морянку (*Clangula hyemalis*), скопу (*Pandion haliaetus*), поморника короткохвостого (*Stercorarius parasiticus*), синицю білу (*Cyanistes cyanus*) [10]. В околицях міста Тернополя Василь Степанович спостерігав і досліджував гірську плиску (*Motacilla cinerea*), гніздування якої виявив в каньйоні р. Стрипа [7], а також описував зимування білого лелеки на торфовищі заплави р. Серет [6].

У науковому доробку Василя Степановича багато посібників, понад 150 наукових публікацій з біології птахів та інших хребетних тварин.

У 2000 році Талпош В. С. публікує розрахований на студентів біологічних факультетів та неспеціалізованих закладів, які вивчають навчальну дисципліну «Зоологія», вчителів біології, учнів, читачів, які цікавляться біологією словник-довідник «Зоологія. Поняття. Терміни» [2]. Видання містить понад 2000 термінів і понять з різних галузей зоології та комплексних біологічних наук, етимологію іншомовних термінів, іменний покажчик і спрощену класифікацію тваринного світу. Зміст довідника ілюстровано 150 рисунками.

Неабиякі художні здібності відомого вченого були реалізовані під час підготовки до друку наочних посібників «Птахи міст і сіл України» (2006) [3, 9]. Серед великого різноманіття тварин, поширених в Україні, особливе місце належить птахам. Вони мешкають майже в будь-якому куточку природи і всюди є дуже помітними. Представлені комплекти наочності «Птахи міст і сіл України» пропонує 32 та 40 кольорових малюнків (відповідно) із зображенням птахів і супровідними текстами. На кольорових малюнках зображено дорослих птахів. Тексти містять інформацію про особливості голосу, зовнішнього вигляду пернатих (розміри та будова тіла, забарвлення). Орнітолог описує характер поведінки, типові звички, розповсюдження, спосіб життя, роль в природі та значення птахів в житті та господарській діяльності людини. Назви птахів наведено українською, російською і латинською мовами. Посібники підготовлені для вчителів біології, вчителів початкових класів, студентів, батьків і любителів птахів.

Надзвичайно плідною була наукова співпраця Василя Степановича з доцентом кафедри зоології Ніжинського державного університету ім. М. Гоголя Марісовою І. В. В результаті співпраці написаний польовий визначник «Птахи України» (нагороджений 1984 році, дипломом ВДНГ СРСР) [11]. У визначнику подано основні діагностичні ознаки і короткий систематичний опис зареєстрованих в Україні птахів, а саме прописані характерні риси зовнішньої будови, особливості поведінки, голоси 367 видів птахів. Визначник містить дві тісно пов'язані між собою складові: кольорові рисунки із зображенням усіх видів птахів, зареєстрованих в Україні і текст з описами їх. Кольорове зображення птахів та опис дають змогу визначити кожний конкретний вид безпосередньо в польових умовах без вилучення їх із природи. Крім видової характеристики визначено і описано вищі таксони – роди, родини і ряди – птахів. У визначнику наведено алфавітні покажчики українських, російських і латинських назв видів із зазначеними поруч порядковими номерами.

Визначник підготовлений для студентів біологічних спеціальностей університетів і педінститутів, вчителів загальноосвітніх шкіл, наукових працівників, забезпечуючи ознайомлення читачів з багатством світу пернатих, залучення нових сил до благородної справи охорони природи.

У співпраці з доцентом Майхруком М. І. Василь Степанович видав «Визначник для учнів початкових класів», що вийшов у видавництві Навчальна книга – Богдан у 2008 році [12]. Визначник містить відомості про понад 370 видів тварин, поширених на території України. Довідковий матеріал про особливості будови тіла, розвитку та способу життя безхребетних тварин, риб, земноводних, плазунів, птахів і ссавців згруповано у сім розділів за біотопами розселення їх: «Тварини міст і сіл», «Тварини лісу», «Тварини луків», «Тварини прісних водойм», «Морські тварини». Інформацію про мешканців поля й городу подано у двох розділах: «Корисні тварини поля та городу» і «шкідники поля та городу». Опис тварин в кожному розділі систематизовано за класами, а назви видів наведено в алфавітному порядку. Матеріал викладено зрозуміло й доступно. Майстерно виконані кольорові ілюстрації значно полегшують визначення тварин та розпізнавання їх у природі. Визначник написаний на високому науковому рівні, призначений для учнів початкових класів, учителів, батьків та всіх, кого цікавить тваринний світ рідного краю.

Фундаментальними результатами творчої діяльності Талпоша Василя Степановича були довідники: «Фауна хребетних Тернопільської області» (1998) [5] – у співавторстві доцента кафедри зоології Пилявським Б. Р. та одноосібно – «Рідкісні та зникаючі хребетні західних областей України» (1996) [13]. Ці довідники – одні з перших зведень щодо фауни хребетних Тернопільської області та Західної України, написані на основі багаторічних польових досліджень та аналізу зоологічної літератури. Авторами описано видовий склад круглоротих, риб, земноводних, плазунів, птахів і ссавців, зареєстрованих в період з другої половини XIX ст. до кінця XX ст. У довідниках вміщено список хребетних, занесених до останнього видання Червоної книги України (1994), Європейського Червоного списку тварин (1991), які знаходяться під загрозою зникнення у світовому масштабі, і список видів, які зникли на території України в історичний період (Чорний список). Довідники цікаві для студентів біологічних спеціальностей, вчителів-біологів, натуралістів аматорів, учнів і мислителів тощо.

Особливу увагу В. С. Талпош приділяє характеристиці класу Птахи (Aves) як найбільш чисельній і різноманітній групі хребетних тварин Тернопільщини, серед яких в межах області зареєстровано 283 види, що належать до 153 родів, 59 родин, 19 рядів. На думку Василя Степановича на Тернопільщині гніздяться 161 вид птахів, а саме – осілі та пролітні, 98 видів – представників лісового комплексу, 69 – водолюбних птахів. В степовій зоні виявлено 13 видів та 12 – мешканців населених пунктів області. Всі вони детально описані та ілюстровані. У довіднику наведено перелік хребетних тварин занесених до Червоної книги України (ЧКУ, 1994) і Європейського Червоного списку тварин (ЄЧСТ), що знаходяться під загрозою зникнення у світовому масштабі (1991). Серед них беркут *Aquila chrysaetos* L. 1758, дрохва *Otis tarda* L. 1758. У примітках автори знайомлять нас з категоріями тварин, занесених до Червоної книги України (ЧКУ, 1994), наводять перелік видів хребетних, які зникли на території України в історичний час (Чорний список): куріпка біла *Lagopus lagopus* L. 1758, тонкодзьобий кроншнеп *Numenius tenuirostris* Vieillot, 1817.

Василь Степанович плідно займався громадською роботою в межах діяльності орнітологічного товариства. 2 лютого 1984 р. він став головою оргкомітету Першої робочої наради орнітологів західних областей України, що відбулася на кафедрі зоології ТДШ. Ця нарада сприяла розвитку аматорського орнітологічного руху на заході України. Тоді ж з його ініціативи виник регіональний банк гнізд птахів заходу України, що переріс у «Банк даних про гнізда і кладки птахів України».

Все своє життя Василь Степанович Талпош проводив об'ємні глибокі дослідження, а результати його праці послужили і ще послужать базою для активізації орнітологічних досліджень ще не одного покоління молодих науковців.

У листопаді 1987 року Василь Степанович був нагороджений медаллю «Ветеран праці».

Нехай зерна праці, духовності і мудрості, посіяні Василем Степановичем проростуть у поколіннях його учнів та відгукнуться душевною теплотою у серцях вдячних нащадків.

1. Луговой А. Е. Птицы урочища Черный Мочар после его мелиорации (Закарпатская область) / А.Е. Луговой, В.С. Талпош // Орнитология. — М., 1968. — Вып. 9. — С.238—242.
2. Талпош В. С. Зоология. Поняття. Терміни: словник довідник / В.С. Талпош. — Тернопіль: Навчальна книга — Богдан, 2000. — 239 с.
3. Талпош В. С. Птахи лісів України: навчальний посібник / В. С. Талпош — Тернопіль: Навчальна книга-Богдан, 2012. — 12 с.
4. Талпош В. С. Птицы Закарпатской низменности: автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук: спец. 097-зоология / Талпош В.С. — Киев, 1969. — 22 с.
5. Талпош В. С. Фауна хребетних Тернопільської області: довідник: (риби, земноводні, плазуни, птахи, ссавці) / Талпош В. С., Пилявський Б. Р. — Тернопіль: Навчальна книга — Богдан, 1998. — 80 с.
6. Талпош В. С. Зимовка белого аиста в окрестностях Тернополя / В.С. Талпош // Весник зоологии. — 1986. — № 6. — С. 80.
7. Талпош В. С. О гнездовании горной трясогузки на Подилии. Авифаунистические заметки / В.С. Талпош // Орнитология. — М.: изд-во Московского у-та, 1990. — Вып.24. — С. 163.
8. Талпош В. С. Орнітофауна міста Тернополя. Українська наука: минуле, сучасне, майбутнє: статті / В.С. Талпош. — Тернопіль «Економічна думка», 1998. — С. 216—219.
9. Талпош В. С. Птахи міст і сіл України: навчальний посібник / Талпош В. С. — Тернопіль: Навчальна книга — Богдан, 2012. — 12 с.
10. Талпош В. С. Птахи населених пунктів закарпатської низовини / В.С. Талпош // Вестник зоологии. — 1974. — № 4. — С. 16—22.
11. Талпош В. С. Птахи України: польовий визначник / Марісова І. В., Талпош В.С. — К.: «Вища школа», 1984. — 183 с.
12. Талпош В. С. Птахи України: Визначник для учнів початкових класів / Майхрук М. І., Талпош В.С. — Тернопіль: Навчальна книга-Богдан, 2008. — 210 с.
13. Талпош В. С. Рідкісні та зникаючі хребетні західних областей України: види, занесені до Червоної книги України / Талпош В. С. — Тернопіль: Навчальна книга — Богдан, 1999. — 136 с.
14. Талпош В. С. щодо екології чайки звичайної в Закарпатських областях України / В.С. Талпош // К: «Наукова думка», 1976. — № 6. — С.18—23.
15. Талпош В. С. Редкие виды птиц в окрестностях Тернополя. Орнитологические заметки / В.С. Талпош, М.И. Майхрук // Вестник зоологии. — 1986. — № 6. — С. 80.

*M. A. Kryzhanovska, N. V. Moskaliuk, L. O. Shevchyk*

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

TRIBUTE TO A DISTINGUISHED ORNITHOLOGIST, PEDAGOGUE AND NATURALIST –  
VASYL STEPANOVYCH TALPOSH (HONORING HIS 80TH BIRTHDAY)

April 2018 marks the 80<sup>th</sup> birthday anniversary of V.S. Talposh, a well-known Ukrainian scientist, pedagogue, naturalist, and one of the outstanding ornithologists of Western Ukraine.

At the beginning of his career, V.S. Talposh held a position of a research fellow and acting head of the Zoological Museum of Uzhhorod University, then worked as a senior lecturer of the Zoology Department of Kremenets Pedagogical Institute, and as an associate professor of the Zoology Department of Ternopil State Pedagogical Institute.

His scientific legacy comprises a variety of works that are very important for scientists today and those starting to work in the field of ornithology and striving for preservation of the nature of the native land.

V.S. Talposh was the first to explore birds in the urbanized environment of Transcarpathian region, namely the birds in several populated areas of Transcarpathian Lowland (cities of Mukachevo, Uzhhorod, Vynohradovo and several villages).

His works on the issues of ecology of lapwings (*Vanellus vanellus*) in the West of Ukraine are of considerable interest. Vasyl Talposh was the one to discover this species in the valley of the Seret River, on the pond near the village of Reniv in Zboriv district of Ternopil region.

Besides, the scientist did an extensive study of birds inhabiting densely populated territories of Transcarpathian Lowland, and carried out a thorough research of seasonal fluctuations of birds in the region. Another subject of his study was the fauna of Ternopil and its suburbs.

All in all, Vasyl Talposh authored over 150 scientific publications on the biology of birds and other vertebrates, two species reference books, and a great number of scientific manuals. He is also famous for his collection of aids “Birds of cities and villages of Ukraine” (2006).

Vasyl Talposh was fruitful in doing his public activities within the framework of ornithologist society. In February 2, 1984 he became the head of the organizing committee of the First working meeting of ornithologists of the Western regions of Ukraine that took place at the Zoology Department of Ternopil State Pedagogical University. The meeting facilitated the development of the amateur ornithology movement in the West of Ukraine. At the same time, he initiated the foundation of the regional bank of birds’ nests of the West of Ukraine that grew into the data bank concerning the birds’ nests and egg laying in Ukraine. In November 1987 Vasyl Talposh was awarded the medal “Veteran of Labour”.

Throughout all his life, Vasyl Talposh conducted scientific research and the results of his work serve the foundation for prospective scientists.

*Key words: lecturer, scientist, evolutionist, taxonomist, ornithologist*

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Збірник "Наукові записки ... Серія: Біологія", що видається в Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка, затверджений постановою президії ВАК України від 10.03.10, протокол № 1-05/2.

У збірнику статті публікуються за такими розділами:

**Ботаніка**  
**Біотехнологія**  
**Біохімія**  
**Гідробіологія**  
**Екологія**  
**Морфологія та фізіологія людини і тварин**  
**Огляди**  
**Історія науки. Персоналії**  
**Втрати освіти і науки**  
**Теоретичні питання**  
**Загальні проблеми**  
**Повідомлення, рецензії, хроніка**

Статті в збірнику друкуються українською, або англійською мовами. До статті додається авторська довідка, в якій вказується:

- 1) прізвище, ім'я, по-батькові автора (авторів);
- 2) науковий ступінь авторів, вчене звання, посада;
- 3) адреси і телефони (домашні і службові);
- 4) якщо авторів кілька, вказати, з ким із них вести листування.

До статті додається рекомендація установи (кафедри) про можливість опублікування наукових результатів дослідження, висновок експертної комісії про можливість опублікування статті, а також рецензія від доктора наук у цій галузі. Статті аспірантів та пошукувачів повинні супроводжуватися відгуком наукового керівників. Редакційна колегія збірника просить авторів дотримуватись єдиних правил при оформленні та поданні матеріалів до друку:

1. Матеріали подаються на диску CD або надсилаються електронною поштою на адресу: **ksjynja\_13@ukr.net**. Текст подається у вигляді файлу (MS Word). Малюнки подаються додатково у вигляді окремих файлів форматів TIFF, BMP або PCX. Графіки і діаграми подаються додатково у вигляді окремих файлів: MS WordGraf, CorelDRAW! або Adobe Illustrator.

2. До редакції подаються 2 примірники статті, надрукованої через 1.5 інтервали шрифтом Times New Roman (кегель – 14 пт.) на одному боці паперу формату А4. Друк повинен бути чітким. Поля: зверху – 2.5 см. знизу – 2.5 см, зліва – 2.5 см, справа – 2.5 см.

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

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

ЗАГАЛЬНИЙ ПОРЯДОК РОЗМІЩЕННЯ МАТЕРІАЛУ

УДК

ІНІЦІАЛИ, ПРИЗВИЩЕ АВТОРА (АВТОРІВ)

Назва установи

Адреса установи

**НАЗВА СТАТТІ**

Резюме українською

Ключові слова (не більше 10-ти)

Власне текст

Список літератури

Резюме англійською мовою – 2500-3000 знаків. Резюме включають прізвище автора (авторів), назву установи, назву статті, текст резюме та ключові слова. Не допускається електронний переклад англійської анотації.

Для статей експериментального характеру передбачаються такі розділи: **Вступ. Матеріал і методи досліджень. Результати досліджень та їх обговорення. Висновки.**

**ОФОРМЛЕННЯ ТЕКСТУ**

Всі особливі знаки, а також літери грецького та інших алфавітів, необхідно чітко віддрукувати відповідним знаком на комп'ютері.

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

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

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

**ОФОРМЛЕННЯ ІЛЮСТРАЦІЙ**

Формат ілюстрацій не повинен перевищувати розмірів аркушу А4. Штрихові рисунки повинні бути чіткими, виконані тушшю чорного кольору на білому папері або роздруковані лазерним принтером. Малюнок за можливості повинен бути розвантажений від підписів, всі умовні позначення повинні пояснюватись у тексті.

Матеріали треба подавати до редакційної колегії журналу (секретарю – О.Б. Мацюк, на кафедрі ботаніки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка). Після розгляду матеріалів на засіданні редакційної колегії Вам буде повідомлено про внесення публікації до відповідного номера збірника.

Адреса редакційної колегії збірника:

Редакційна колегія збірника

"Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія"

хіміко-біологічний факультет,

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2

м. Тернопіль

46027

роб. тел. (0352)-43-59-01

моб. тел. 0976605135

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

**ПРИКЛАДИ  
ОФОРМЛЕННЯ БІБЛІОГРАФІЧНОГО ОПИСУ  
У СПИСКУ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**  
з урахуванням Національного стандарту України ДСТУ 8302:2015

Характеристика джерела	Приклад оформлення
<p><b>Книги: Один автор</b></p>	<p>Бичківський О. О. Міжнародне приватне право : конспект лекцій. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 82 с.</p> <p>Бондаренко В. Г. Немеркнуча слава новітніх запорожців: історія Українського Вільного козацтва на Запоріжжі (1917-1920 рр.). Запоріжжя, 2017. 113 с.</p> <p>Бондаренко В. Г. Український вільнокозацький рух в Україні та на еміграції (1919-1993 рр.) : монографія. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 600 с.</p> <p>Вагіна О. М. Політична етика : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 102 с.</p> <p>Верлос Н. В. Конституційне право зарубіжних країн : курс лекцій. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 145 с.</p> <p>Горбунова А. В. Управління економічною захищеністю підприємства: теорія і методологія: монографія. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 240 с.</p> <p>Гурська Л. І. Релігієзнавство : навч. посіб. 2-ге вид., перероб. та доп. Київ : ЦУЛ, 2016. 172 с.</p> <p>Дробот О. В. Професійна свідомість керівника : навч. посіб. Київ : Талком, 2016. 340 с.</p>
<p><b>Два автори</b></p>	<p>Аванесова Н. Е., Марченко О. В. Стратегічне управління підприємством та сучасним містом: теоретико-методичні засади : монографія. Харків : Щедра садиба плюс, 2015. 196 с.</p> <p>Батракова Т. І., Калюжна Ю. В. Банківські операції : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 130 с.</p> <p>Білобровко Т. І., Кожуховська Л. П. Філософія науки й управління освітою : навч.-метод. посіб. Переяслав-Хмельницький, 2015. 166 с.</p> <p>Богма О. С., Кисильова І. Ю. Фінанси : конспект лекцій. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 102 с.</p> <p>Горошкова Л. А., Волков В. П. Виробничий менеджмент : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 131 с.</p> <p>Гура О. І., Гура Т. Є. Психологія управління соціальною організацією : навч. посіб. 2-ге вид., доп. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 212 с.</p>
<p><b>Три автори</b></p>	<p>Аніловська Г. Я., Марушко Н. С., Стоколоса Т. М. Інформаційні системи і технології у фінансах : навч. посіб. Львів : Магнолія 2006, 2015. 312 с.</p> <p>Городовенко В. В., Макаренков О. Л., Сантос М. М. О. Судові та правоохоронні органи України : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 206 с.</p> <p>Кузнецов М. А., Фоменко К. І., Кузнецов О. І. Психічні стани студентів у процесі навчально-пізнавальної діяльності : монографія. Харків : ХНПУ, 2015. 338 с.</p> <p>Якобчук В. П., Богоявленська Ю. В., Тищенко С. В. Історія економіки та економічної думки : навч. посіб. Київ : ЦУЛ, 2015. 476 с.</p>

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

<b>Чотири і більше авторів</b>	<p>Науково-практичний коментар Кримінального кодексу України : станом на 10 жовт. 2016 р. / К. І. Беліков та ін. ; за заг. ред. О. М. Литвинова. Київ : ЦУЛ, 2016. 528 с.</p> <p>Бікулов Д. Т., Чкан А. С., Олійник О. М., Маркова С. В. Менеджмент : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 360 с.</p> <p>Операційне числення : навч. посіб. / С. М. Гребенюк та ін. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 88 с.</p> <p>Основи охорони праці : підручник / О. І. Запорожець та ін. 2-ге вид. Київ : ЦУЛ, 2016. 264 с.</p> <p>Клименко М. І., Панасенко Є. В., Стреляєв Ю. М., Ткаченко І. Г. Варіаційне числення та методи оптимізації : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 84 с.</p>
<b>Автор(и) та редактор(и)/упорядники</b>	<p>Березенко В. В. PR як сфера наукового знання : монографія / за заг. наук. ред. В. М. Манакіна. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 362 с.</p> <p>Бутко М. П., Неживенко А. П., Пепа Т. В. Економічна психологія : навч. посіб. / за ред. М. П. Бутко. Київ : ЦУЛ, 2016. 232 с.</p> <p>Дахно І. І., Алієва-Барановська В.М. Право інтелектуальної власності : навч. посіб. / за ред. І. І. Дахна. Київ : ЦУЛ, 2015. 560 с.</p>
<b>Без автора</b>	<p>25 років економічному факультету: історія та сьогодення (1991-2016) : ювіл. вип. / за заг. ред. А. В. Череп. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 330 с.</p> <p>Криміналістика : конспект лекцій / за заг. ред. В. І. Галана; уклад. Ж. В. Удовенко. Київ : ЦУЛ, 2016. 320 с.</p> <p>Миротворення в умовах гібридної війни в Україні : монографія / за ред. М. А. Лепського. Запоріжжя : КСК-Альянс, 2017. 172 с.</p> <p>Міжнародні економічні відносини : навч. посіб. / за ред.: С. О. Якубовського, Ю. О. Ніколаєва. Одеса : ОНУ, 2015. 306 с.</p> <p>Науково-практичний коментар Бюджетного кодексу України / за заг. ред. Т. А. Латковської. Київ : ЦУЛ, 2017. 176 с.</p> <p>Службове право: витоки, сучасність та перспективи розвитку / за ред.: Т. О. Коломєць, В. К. Колпакова. Запоріжжя, 2017. 328 с.</p> <p>Сучасне суспільство: філософсько-правове дослідження актуальних проблем : монографія / за ред. О. Г. Данильяна. Харків : Право, 2016. 488 с.</p> <p>Адміністративно-правова освіта у персоналіях : довід. / за заг. ред.: Т. О. Коломєць, В. К. Колпакова. Київ : Ін Юре, 2015. 352 с.</p> <p>Підготовка докторів філософії (PhD) в умовах реформування вищої освіти : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 5-6 жовт. 2017 р. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 216 с.</p> <p>Країни пострадянського простору: виклики модернізації : зб. наук. пр. / редкол.: П. М. Рудяков (відп. ред.) та ін. Київ : Ін-т всесвітньої історії НАН України, 2016. 306 с.</p> <p>Антологія української літературно-критичної думки першої половини ХХ століття / упоряд. В. Агєєва. Київ : Смолоскип, 2016. 904 с.</p>



## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

<b>Багатотомні видання</b>	<p>Енциклопедія Сучасної України / редкол.: І. М. Дзюба та ін. Київ : САМ, 2016. Т. 17. 712 с.</p> <p>Лодий П. Д. Сочинения : в 2 т. / ред. изд.: Н. Г. Мозговая, А. Г. Волков ; авт. вступ. ст. А. В. Сеницына. Киев ; Мелитополь : НПУ им. М. Драгоманова ; МГПУ им. Б. Хмельницкого, 2015. Т. 1. 306 с.</p> <p>Новицкий О. М. Сочинения : в 4 т. / ред. изд.: Н. Г. Мозговая, А. Г. Волков ; авт. вступ. ст. Н. Г. Мозговая. Киев ; Мелитополь: НПУ им. М. Драгоманова ; МГПУ им. Б. Хмельницкого, 2017. Т. 1. 382 с.</p> <p>Правова система України: історія, стан та перспективи : у 5 т. / Акад. прав. наук України. Харків : Право, 2009. Т. 2 : Конституційні засади правової системи України і проблеми її вдосконалення / заг. ред. Ю. П. Битяк. 576 с.</p> <p>Кучерявенко Н. П. Курс налогового права : в 6 т. Харьков : Право, 2007. Т. 4 : Особенная часть. Косвенные налоги. 536 с.</p>
<b>Автореферати дисертацій</b>	<p>Бондар О. Г. Земля як об'єкт права власності за земельним законодавством України : автореф. дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.06. Київ, 2005. 20 с.</p> <p>Гнатенко Н. Г. Групи інтересів у Верховній Раді України: сутність і роль у формуванні державної політики : автореф. дис. ... канд. політ. наук : 23.00.02. Київ, 2017. 20 с.</p> <p>Кулініч О. О. Право людини і громадянина на освіту в Україні та конституційно-правовий механізм його реалізації : автореф. дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.02. Маріуполь, 2015. 20 с.</p>
<b>Дисертації</b>	<p>Авдеева О. С. Міжконфесійні відносини у Північному Приазов'ї (кінець XVIII - початок XX ст.) : дис. ... канд. іст. наук : 07.00.01 / Запорізький національний університет. Запоріжжя, 2016. 301 с.</p> <p>Левчук С. А. Матриці Гріна рівнянь і систем еліптичного типу для дослідження статичного деформування складених тіл : дис. ... канд. фіз.-мат. наук : 01.02.04. Запоріжжя, 2002. 150 с.</p> <p>Вініченко О. М. Система динамічного контролю соціально-економічного розвитку промислового підприємства : дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.04. Дніпро, 2017. 424 с.</p>
<b>Законодавчі та нормативні документи</b>	<p>Конституція України : офіц. текст. Київ : КМ, 2013. 96 с.</p> <p>Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. <i>Голос України</i>. 2017. 27 верес. (№ 178-179). С. 10–22.</p> <p>Повітряний кодекс України : Закон України від 19.05.2011 р. № 3393-VI. <i>Відомості Верховної Ради України</i>. 2011. № 48-49. Ст. 536.</p> <p>Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII. Дата оновлення: 28.09.2017. URL: <a href="http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18">http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18</a> (дата звернення: 15.11.2017).</p> <p>Деякі питання стипендіального забезпечення : Постанова Кабінету Міністрів України від 28.12.2016 р. № 1050. <i>Офіційний вісник України</i>. 2017. № 4. С. 530–543.</p> <p>Про Концепцію вдосконалення інформування громадськості з питань євроатлантичної інтеграції України на 2017-2020 роки : Указ Президента України від 21.02.2017 р. № 43/2017. <i>Урядовий кур'єр</i>. 2017. 23 лют. (№ 35). С. 10.</p> <p>Про затвердження Вимог до оформлення дисертації : наказ Міністерства освіти і науки від 12.01.2017 р. № 40. <i>Офіційний вісник України</i>. 2017. № 20. С. 136–141.</p> <p>Інструкція щодо заповнення особової картки державного службовця : затв. наказом Нац. агентства України з питань Держ. служби від 05.08.2016 р. № 156. <i>Баланс-бюджет</i>. 2016. 19 верес. (№ 38). С. 15–16.</p>

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

<b>Архівні документи</b>	<p>Лист Голови Спілки «Чорнобиль» Г. Ф. Лепіна на ім'я Голови Ради Міністрів УРСР В. А. Масола щодо реєстрації Статуту Спілки та сторінки Статуту. 14 грудня 1989 р. <i>ЦДАГО України</i> (Центр. держ. архів громад. об'єднань України). Ф. 1. Оп. 32. Спр. 2612. Арк. 63, 64 зв., 71.</p> <p>Матеріали Ради Народних комісарів Української Народної Республіки. <i>ЦДАВО України</i> (Центр. держ. архів вищ. Органів влади та упр. України). Ф. 1061. Оп. 1. Спр. 8–12. Копія; Ф. 1063. Оп. 3. Спр. 1–3.</p> <p>Наукове товариство ім. Шевченка. <i>Львів. наук. б-ка ім. В. Стефаника НАН України</i>. Ф. 1. Оп. 1. Спр. 78. Арк. 1–7.</p>
<b>Патенти</b>	<p>Люмінісцентний матеріал: пат. 25742 Україна: МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.</p> <p>Спосіб лікування синдрому дефіциту уваги та гіперактивності у дітей: пат. 76509 Україна. № 2004042416; заявл. 01.04.2004; опубл. 01.08.2006, Бюл. № 8 (кн. 1). 120 с.</p>
<b>Препринти</b>	<p>Панасюк М. І., Скорбун А. Д., Сплошной Б. М. Про точність визначення активності твердих радіоактивних відходів гамма-методами. Чорнобиль : Ін-т з проблем безпеки АЕС НАН України, 2006. 7, [1] с. (Препринт. НАН України, Ін-т проблем безпеки АЕС; 06-1).</p> <p>Шиляев Б. А., Воеводин В. Н. Расчеты параметров радиационного повреждения материалов нейтронами источника ННЦ ХФТИ / ANL USA с подкритической сборкой, управляемой ускорителем электронов. Харьков :ННЦ ХФТИ, 2006. 19 с.: ил., табл. (Препринт. НАН Украины, Нац. науч. центр «Харьк. физ.-техн. ин-т»; ХФТИ 2006-4).</p>
<b>Стандарти</b>	<p>ДСТУ 7152:2010. Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. [Чинний від 2010-02-18]. Вид. офіц. Київ, 2010. 16 с. (Інформація та документація).</p> <p>ДСТУ ISO 6107-1:2004. Якість води. Словник термінів. Частина 1 (ISO 6107-1:1996, IDT). [Чинний від 2005-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 181 с.</p> <p>ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила (ISO 4:1984, NEQ; ISO 832:1994, NEQ). [На заміну ДСТУ 3582-97; чинний від 2013-08-22]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 15 с. (Інформація та документація).</p>
<b>Каталоги</b>	<p>Горницкая И. П. Каталог растений для работ по фитодизайну / Донец. ботан. сад НАН Украины. Донецк : Лебедь, 2005. 228 с.</p> <p>Історико-правова спадщина України : кат. вист. / Харків. держ. наук. б-ка ім. В. Г. Короленка; уклад.: Л. І. Романова, О. В. Земляніщина. Харків, 1996. 64 с.</p> <p>Пам'ятки історії та мистецтва Львівської області : кат.-довід. / авт.-упоряд.: М. Зобків та ін. ; Упр. Культури Львів. облдержадмін., Львів. іст. музей. Львів : Новий час, 2003. 160 с.</p>

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

<p><b>Бібліографічні показчики</b></p>	<p>Боротьба з корупцією: нагальна проблема сучасності : бібліогр. покажч. Вип. 2 / уклад.: О. В. Левчук, відп. за вип. Н. М. Чала ; Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2017. 60 с.</p> <p>Микола Лукаш : біобібліогр. покажч. / уклад. В. Савчин. Львів : Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. 356 с. (Українська біобібліографія; ч. 10).</p> <p>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича в незалежній Україні : бібліогр. покажч. / уклад.: Н. М. Загородна та ін.; наук. ред. Т. В. Марусик; відп. за вип. М. Б. Зушман. Чернівці : Чернівецький національний університет, 2015. 512 с. (До 140-річчя від дня заснування).</p> <p>Лисодєд О. В. Бібліографічний довідник з кримінології (1992-2002) / ред. О. Г. Кальман. Харків : Одісей, 2003. 128 с.</p> <p>Яценко О. М., Любовець Н. І. Українські персональні бібліографічні показчики (1856-2013). Київ : Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського, 2015. 472 с. (Джерела української біографістики ; вип. 3).</p>
<p><b>Частина видання: книги</b></p>	<p>Баймуратов М. А. Имплементация норм международного права и роль Конституционного Суда Украины в толковании международных договоров / М. А. Баймуратов. <i>Михайло Баймуратов: право як буття вченого</i> : зб. наук. пр. до 55-річчя проф. М. О. Баймуратова / упоряд. та відп. ред. Ю. О. Волошин. К., 2009. С. 477–493.</p> <p>Гетьман А. П. Екологічна політика держави: конституційно-правовий аспект. <i>Тридцять лет с экологическим правом</i> : избранные труды. Харьков, 2013. С. 205–212.</p> <p>Коломоець Т. О. Адміністративна деліктологія та адміністративна деліктність. <i>Адміністративне право України</i> : підручник / за заг. ред. Т. О. Коломоець. Київ, 2009. С. 195–197.</p> <p>Алексєєв В. М. Правовий статус людини та його реалізація у взаємовідносинах держави та суспільства в державному управлінні в Україні. <i>Теоретичні засади взаємовідносин держави та суспільства в управлінні</i> : монографія. Чернівці, 2012. С. 151–169.</p>
<p><b>Частина видання: матеріалів конференцій (тези, доповіді)</b></p>	<p>Антонович М. Жертви геноцидів першої половини ХХ століття: порівняльно-правовий аналіз. <i>Голодомор 1932-1933 років: втрати української нації</i> : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 4 жовт. 2016 р. Київ, 2017. С. 133–136.</p> <p>Анциперова І. І. Історико-правовий аспект акту про бюджет. <i>Дослідження проблем права в Україні очима молодих вчених</i> : тези доп. всеукр. наук.-практ. конф. (м. Запоріжжя, 24 квіт. 2014 р.). Запоріжжя, 2014. С. 134–137.</p> <p>Кононенко Н. Методология толерантности в системе общественных отношений. <i>Формирование толерантного сознания в обществе</i> : материалы VII междунар. антитеррорист. форума (Братислава, 18 нояб. 2010 г.). Киев, 2011. С. 145–150.</p> <p>Микитів Г. В., Кондратенко Ю. Поза текстові елементи як засіб формування медіа культури читачів науково-популярних журналів. <i>Актуальні проблеми медіа освіти в Україні та світі</i> : зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 3-4 берез. 2016 р. Запоріжжя, 2016. С. 50–53.</p> <p>Соколова Ю. Особливості впровадження проблемного навчання хімії в старшій профільній школі. <i>Актуальні проблеми та перспективи розвитку медичних, фармацевтичних та природничих наук</i> : матеріали III регіон. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 29 листоп. 2014 р. Запоріжжя, 2014. С. 211–212.</p>

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

<p><b>Частина видання: довідкового видання</b></p>	<p>Кучеренко І. М. Право державної власності. <i>Великий енциклопедичний юридичний словник</i> / ред. Ю. С. Шемшученко. Київ, 2007. С. 673.</p> <p>Пирожкова Ю. В. Благодійна організація. <i>Адміністративне право України</i> : словник термінів / за ред.: Т. О. Коломoeць, В. К. Колпакова. Київ, 2014. С. 54–55.</p> <p>Сірий М. І. Судова влада. <i>Юридична енциклопедія</i>. Київ, 2003. Т. 5. С. 699.</p>
<p><b>Частина видання: продовжуваного видання</b></p>	<p>Коломoeць Т. О. Оцінні поняття в адміністративному законодавстві України: реалії та перспективи формулювання їх застосування. <i>Вісник Запорізького національного університету. Юридичні науки</i>. Запоріжжя, 2017. № 1. С. 36–46.</p> <p>Левчук С. А., Хмельницький А. А. Дослідження статичного деформування складених циліндричних оболонок за допомогою матриць типу Гріна. <i>Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки</i>. Запоріжжя, 2015. № 3. С. 153–159.</p> <p>Левчук С. А., Рак Л. О., Хмельницький А. А. Моделювання статичного деформування складеної конструкції з двох пластин за допомогою матриць типу Гріна. <i>Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій</i>. Дніпропетровськ, 2012. Вип. 19. С. 212–218.</p> <p>Тарасов О. В. Міжнародна правосуб'єктність людини в практиці Нюрнберзького трибуналу. <i>Проблеми законності</i>. Харків, 2011. Вип. 115. С. 200–206.</p>
<p><b>Частина видання: періодичного видання (журналу, газети)</b></p>	<p>Кулініч О. О. Право на освіту в системі конституційних прав людини і громадянина та його гарантії. <i>Часопис Київського університету права</i>. 2007. № 4. С. 88–92.</p> <p>Коломoeць Т., Колпаков В. Сучасна парадигма адміністративного права: генеза і поняття. <i>Право України</i>. 2017. № 5. С. 71–79.</p> <p>Коваль Л. Плюси і мінуси дистанційної роботи. <i>Урядовий кур'єр</i>. 2017. 1 листоп. (№ 205). С. 5.</p> <p>Біленчук П., Обіход Т. Небезпеки ядерної злочинності: аналіз вітчизняного і міжнародного законодавства. <i>Юридичний вісник України</i>. 2017. 20-26 жовт. (№ 42). С. 14–15.</p> <p>Bletska D. I., Glukhov K. E., Frolova V. V. Electronic structure of 2H-SnSe<sub>2</sub>: ab initio modeling and comparison with experiment. <i>Semiconductor Physics Quantum Electronics Optoelectronics</i>. 2016. Vol. 19, No 1. P. 98–108.</p>
<p><b>Електронні ресурси</b></p>	<p>Влада очима історії : фотовиставка. URL: <a href="http://www.kmu.gov.ua/control/uk/photogallery/gallery?galleryId=15725757&amp;">http://www.kmu.gov.ua/control/uk/photogallery/gallery?galleryId=15725757&amp;</a> (дата звернення: 15.11.2017).</p> <p>Шарая А. А. Принципи державної служби за законодавством України. <i>Юридичний науковий електронний журнал</i>. 2017. № 5. С. 115–118. URL: <a href="http://sej.org.ua/5_2017/32.pdf">http://sej.org.ua/5_2017/32.pdf</a>.</p> <p>Ганзенко О. О. Основні напрями подолання правового нігілізму в Україні. <i>Вісник Запорізького національного університету. Юридичні науки</i>. Запоріжжя, 2015. № 3. С. 20–27. URL: <a href="http://ebooks.znu.edu.ua/files/Fakhovivydannya/vznu/juridichni/VestUr2015v3/5.pdf">http://ebooks.znu.edu.ua/files/Fakhovivydannya/vznu/juridichni/VestUr2015v3/5.pdf</a>. (дата звернення: 15.11.2017).</p> <p>Яцків Я. С., Маліцький Б. А., Бублик С. Г. Трансформація наукової системи України протягом 90-х років ХХ століття: період переходу до ринку. <i>Наука та інновації</i>. 2016. Т. 12, № 6. С. 6–14. DOI: <a href="https://doi.org/10.15407/scin12.06.006">https://doi.org/10.15407/scin12.06.006</a>.</p>

### Примітки:

1. Бібліографічний опис оформлюється згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

2. Опис складається з елементів, які поділяються на обов'язкові та факультативні. У бібліографічному описі можуть бути тільки обов'язкові чи обов'язкові та факультативні елементи. Обов'язкові елементи містять бібліографічні відомості, які забезпечують ідентифікацію документа. Їх наводять у будь-якому описі.

Проміжки між знаками та елементами опису є обов'язковими і використовуються для розрізнення знаків граматичної і приписаної пунктуації.

### ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

Ботанический журнал – Ботан. журн.

Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии – Бюл. Моск. о-ва. испытат. природы. Отд.—ние. биол.

Видавництво АН УРСР – Вид-во АН УРСР

Вища школа – Вища шк.

Вісник Київського ботанічного саду – Вісн. Київськ. ботан. саду

Всесоюзная конференция – всесоюзн. конф.

Доклады АН СССР – Докл. АН СССР

Доклады Российской Академии наук – Докл. РАН

Доповіді НАН України – Доп. НАН України

Еколого-біологічні – Екол.-біол.

Журнал общей биологии – Журн. общ. биол.

Записки Білоцерківського сільськогосподарського Інституту – Зап. Білоцерк. с-г. ін-ту

Записки общества естествоиспытателей – Зап. о-ва. естествоиспыт.

Заповідна справа в Україні – Запов. справа в Україні

Збірник – Зб.

Известия Российского географического общества – Изв. Рос. геогр. о-ва

Издательство АН СССР – Изд-во АН СССР

Киев: (рос. мовою) – Киев:

Київ (укр. мовою) – К.:

Ленінград – Л.: Наука, 2005

Материалы – Мат-лы

Матеріали XI з'їзду УБТ – Мат-ли XII з'їзду УБТ

Міжнародна конференція – Міжнар. конф.

Москва – М.: Наука, 1992

Москва, Ленинград – М., Л.: Изд-во АН СССР

Наукова думка – Наук. думка

Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Біологічні науки – Наук. вісн. Ужгор. ун-ту. Сер. біол. науки.

Науковий світ – Наук. світ

Наукові записки – Наук. зап.

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка – Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка

Общество естествоиспытателей – О-во естествоиспытат.

Перевод с английского – Пер. с англ.

За загальною редакцією – За заг. ред.

Проблемы изучения адвентивной флоры СССР – Пробл. изуч. адвент. флоры СССР

Растения – раст.

Санкт-Петербург – Спб.:

Советская наука – Сов. наука

Тезисы докладов – Тез. докл.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

---

Тезиси докладов Всероссийского совещания – Тез. докл. Всерос. совещ.  
Труды – Тр.  
Український ботанічний журнал – Укр. ботан. журн.  
Физиология и биохимия культурных растений – Физиол. и биохим. культ. раст.  
Физиология растений – Физиол. раст.  
Флора Восточной Европы – Фл. Вост. Европы  
Біологічний – біол.  
Біотехнологічний – біотехнол.  
Біофізичний – біофіз.  
Біохімічний – біохім.  
Ботанічний – ботан.  
В (у) тому числі – в (у) т. ч.  
Гідрологічний – гідрол.  
Головним чином – гол. чин.  
Господарський – госп.  
Господарство – госп-во  
Ґрунтовий – ґрунт.  
Дивись – див.  
Експериментальний – експерим.  
Інший – ін.  
Кількість – к-сть  
Кілограм – кг  
Кілометр – км  
Концентрація – конц.  
Латинський – лат.  
Лісотехнічний – лісотехн.  
Метр – м  
Міжнародний – міжнар.  
Мікробіологічний – мікробіол.  
Мікроскопічний – мікроскоп.  
Мінеральний – мінер.  
Мільйон – млн  
Мільярд – млрд  
Молекулярний – молек.  
Морфологічний – морфол.  
Морфофізіологічний – морфофізіол.  
Нанометр – нм  
Наприклад – напр.  
Науковий – наук.  
Національний – нац.  
Неорганічний – неорг.  
Нерадіоактивний – нерадіоакт.  
Нормальний – норм.  
Область – обл.  
Органічний – органіч.  
Радіаційний – радіац.  
Радіоактивний – радіоакт.  
Район – р-н  
Раціональний – рац.  
Рік – р.  
Сільськогосподарський – с.-г.  
Сільське господарство – с. г.  
Спеціальний – спец.

Стаття – ст.  
Століття – ст.  
Та інше – та ін.  
Так далі – т. д.  
Так званий – т. з.  
Технічний – техн.  
Технологічний – технол.  
Тисяча – тис.  
Тому подібний – т. п.  
Тонна – т  
Ультрафіолетовий – УФ  
Фізіологічний – фізіол.  
Характеристика – хар-ка  
Хімічний – хім.  
Центральний – центр.

## АВТОРИ НОМЕРА

- Барна Л. С.** — кандидат педагогічних наук, доцент кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (ТНПУ).
- Барна М. М.** — доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Бобрик І. В.** — науковий співробітник Національного природного парку «Кременецькі гори».
- Бучацький Л. П.** — доктор біологічних наук, професор Київського національного університету імені Тараса Шевченка.
- Воробець Н. М.** — доктор біологічних наук, професор кафедри фармакогнозії і ботаніки Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького.
- Геруш І. В.** — кандидат медичних наук, проректор з науково-педагогічної роботи, доцент Вищого державного навчального закладу України «Буковинський державний медичний університет» (БДМУ).
- Герц Н. В.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Григорюк І. П.** — доктор біологічних наук, член-кореспондент НАН України, академік АН Вищої школи України, професор кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики Національного університету біоресурсів і природокористування України.
- Грод І. М.** — кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформатики та методики її викладання ТНПУ.
- Грубінко В. В.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ.
- Гуляєва Г. Б.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України.
- Гурмач Є. В.** — аспірантка ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Т. Шевченка (КНУ).
- Давидова Н. В.** — кандидат медичних наук, доцент БДМУ.
- Демидов С. В.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної та медичної генетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, «Інститут біології та медицини».
- Дробик Н. М.** — доктор біологічних наук, декан хіміко-біологічного факультету, професор кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін, завідувач лабораторії екології та біотехнології ТНПУ.
- Журжа Ю. В.** — аспірант Національного дендрологічного парку «Софіївка» Національної академії наук України (НДП «Софіївка»).
- Згурська С. Б.** — вчитель біології Тернопільського навчально-виховного комплексу "Загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів - правовий ліцей № 2".
- Зіньковський О. Г.** — кандидат біологічних наук, провідний науковий співробітник відділу біології відтворення риб Інституту гідробіології НАН України (ІГ НАНУ).
- Коваленко Ю. О.** — аспірант ІГ НАНУ.



- Козерецька І. А.** — доктор біологічних наук, доцент кафедри загальної та медичної генетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, «Інститут біології та медицини».
- Колдар Л. А.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник НДП «Софіївка».
- Костишин С. С.** — доктор біологічних наук, радник ректора, професор кафедри екології та біомоніторингу Чернівецького національного університету імені Ю. Федьковича.
- Кравець Н. Я.** — кандидат біологічних наук, асистент кафедри мікробіології, вірусології та імунології ДВНЗ «ТДМУ імені І. Я. Горбачевського МОЗ України».
- Крижановська М. А.** — кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Криницька І. Я.** — доктор медичних наук, професор кафедри функціональної і лабораторної діагностики ДВНЗ «ТДМУ імені І. Я. Горбачевського МОЗ України».
- Курант В. З.** — доктор біологічних наук, професор кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ.
- Літвінов С. В.** — молодший науковий співробітник лабораторії біофізики сигнальних систем відділу біофізики і радіобіології Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України.
- Лугініч Н. М.** — аспірант, асистент БДМУ.
- Мацюк О. Б.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Морозова Т. В.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та біомоніторингу Чернівецького національного університету імені Ю. Федьковича.
- Москалюк Н. В.** — кандидат біологічних наук, викладач кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Нестеренко О. Г.** — інженер лабораторії біофізики сигнальних систем відділу біофізики і радіобіології Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України.
- Онук Л. Л.** — кандидат біологічних наук, завідувач відділу фітосозології Кременецького ботанічного саду.
- Пида С. В.** — доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Поливаний С. В.** — кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри біології Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського.
- Потрохов О. С.** — доктор біологічних наук, завідувач відділом біології відтворення риб ІГ НАНУ.
- Рабченко О. О.** — аспірантка кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ.
- Рашидов Намік Мамед огли** — доктор біологічних наук, завідувач лабораторії біофізики сигнальних систем відділу біофізики і радіобіології Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України.
- Руденко С. С.** — доктор біологічних наук, професор кафедри екології та біомоніторингу Чернівецького національного університету імені Ю. Федьковича.
- Рудик М. П.** — асистент ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ.
- Руцька А. В.** — старший лаборант кафедри фізичної реабілітації, здоров'я людини та фізичного виховання ДВНЗ «ТДМУ імені І. Я. Горбачевського МОЗ України».
- Святецька В. М.** — провідний інженер ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ.
- Серга С. В.** — кандидат біологічних наук, асистент кафедри загальної та медичної генетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, «Інститут біології та медицини».
- Скачкова О. В.** — старший науковий співробітник лабораторії експериментальної онкології Національного інституту раку.

## АВТОРИ НОМЕРА

---

- Скибіцька М. І.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри ботаніки ЛНУ імені Івана Франка.
- Сківка Л. М.** — професор, завідувач кафедри мікробіології та імунології ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ.
- Станіславчук А. В.** — кандидат біологічних наук, старший лаборант кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ.
- Хоменчук В. О.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ.
- Шевчик Л. О.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Штогун А. О.** — начальник наукової частини Національного природного парку «Кременецькі гори».
- Щербик В. В.** — провідний інженер НЦЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка.
- Яворівський Р. Л.** — завідувач лабораторії морфології та систематики рослин, асистент кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Яворська Н. Й.** — старший лаборант кафедри фармакогнозії і ботаніки Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького.
- Яремій І. М.** — кандидат біологічних наук, доцент БДМУ.



**TERNOPIL VOLODYMYR HNATIUK  
NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY**

---

Здано до складання 05.12.2018. Підписано до друку 12.12.2018. Формат 60 x 84/18. Папір друкарський.  
Умовних друкованих аркушів — 18.5. Обліково-видавничих аркушів — 11.6. Замовлення № 34  
Наклад 300 прим. Віддруковано у видавничому центрі «Вектор»

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

---

Submitted to editing 05.12.2018. Signed for printing 12.12.2018. Format 60 x 84/18. Printing paper.  
Number of conventional printing sheets – 18.5. Number of accounted and published pages – 11.6. Order № 34.  
Edition 300 copies. Published in the publishing centre “Vector”

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