МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Odesa National University Herald

•

Вестник Одесского
национального университета

•

ВІСНИК ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Серія: *Біологія*

Науковий журнал
Виходить 2 рази на рік
Серія заснована у липні 2007 р.

Том 24, випуск 1(44) 2019

Одеса
ОНУ
2019

Засновник та видавець:
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Редакційна рада журналу:
І. М. Коваль, д-р політ. наук (голова ред. ради); В. О. Іваниця, д-р біол. наук (заступник голови ред. ради); С. М. Андрієвський, д-р фіз.-мат. наук; В. В. Глєбов, канд. іст. наук; Л. М. Голубенко, канд. філол. наук; Л. М. Дунаєва, д-р політ. наук; В. В. Заморов, канд. біол. наук; О. В. Запорожченко, канд. біол. наук; О. А. Іванова, д-р наук із соц. комунікацій; В. Є. Круглов, канд. фіз.-мат. наук; В. Г. Кушнір, д-р іст. наук; В. В. Менчук, канд. хім. наук; М. О. Подрезова, директор Наукової бібліотеки; Л. М. Солдаткіна, канд. хім. наук; В. І. Труба, канд. юрид. наук; В. М. Хмарський, д-р іст. наук; Є. А. Черкез, д-р геол.-мінерал. наук; Є. М. Черноіваненко, д-р філол. наук

Редакційна колегія журналу:
Б. Г. Александров, д.б.н., професор (Україна); А. Бьорнер, д.б.н., професор (Німмечина); С. Верба, к.б.н., (Польща); В. В. Заморов, к.б.н., доцент (Україна); В. О. Іваниця, д.б.н., професор (Україна); К. Ковальчик, д.б.н., професор (Польща); С. Н. Оленін, професор (Литва); С. А. Петров, д.б.н., професор (Україна); М. Ю. Русакова, к.б.н., доцент (Україна); З. Селка, к.б.н., (Польща); В. А. Трач, к.б.н., доцент (Україна); Г. Федак, професор (Канада); П. М. Царенко, д.б.н., професор (Україна); С. В. Чеботар, д.б.н., член-кор. НААНУ (Україна) – *науковий редактор*; Т. Г. Алєксєєва, к.б.н., доцент (Україна) – *відповідальний секретар;* Г. В. Майкова, к.б.н., доцент (Україна) – *відповідальний секретар*

Відповідно до постанови Президії ВАК України № 1021 від 07.10.2015 р. науковий журнал
«Вісник Одеського національного університету. Біологія»
входить до Переліку наукових фахових видань України

Українською, російською та англійською мовами

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу інформації
Серія КВ № 11455-328Р від 7.07.2006 р.

Затверджено до друку Вченою радою
Одеського національного університету
імені І. І. Мечникова. Протокол № 9 від 28.05.2019 р.

Адреса редакції: 65082, м. Одеса, вул. Дворянська, 2
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
Тел: (+380-48) 68-79-32
E-mail:gerald.biology.onu@gmail.com

© Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2019

ЗМІСТ

БІОХІМІЯ

Андрієвський О. М., Подзолкова Ю. Ю., Рижко І. Л., Пастернак С. Л.

ОНТОГЕНЕТИЧНІ ЗМІНИ АКТИВНОСТІ ТРИПСИНОПОДІБНИХ ФЕРМЕНТІВ У ОСОБИН ЛАБОРАТОРНИХ ПОПУЛЯЦІЙ *DROSOPHILA MELANOGASTER* ТА *DROSOPHILA VIRILIS* 9

Діордіца Я. В.

ВПЛИВ КОМПЛЕКСІВ АНТИОКСИДАНТІВ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИРОВАТКИ КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ ГОСТРОГО ГЕПАТИТУ 21

БОТАНІКА ТА ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

Герасимюк В. П., Герасимюк Н. В.

ВИДОВИЙ СКЛАД МІКРОСКОПІЧНИХ ВОДОРОСТЕЙ СТАВКІВ ДЕНРОПАРКУ ІМЕНІ ПЕРЕМОГИ МІСТА ОДЕСА 33

ГЕНЕТИКА ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ

Бакума А. О., Чеботар Г. О., Лавриненко Ю. О., Чеботар С. В.

АЛЕЛЬНИЙ СТАН ГЕНІВ СИСТЕМ *PPD-1* ТА *VRN-1* У СОРТІВ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ ІНСТИТУТУ ЗРОШУВАНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН УКРАЇНИ 49

Січняк О. Л., Мірось С. Л., Довганюк К. О.

ЦИТОГЕНЕТИЧНІ ЕФЕКТИ *FUSARIUM GRAMINEARUM* SCHWABE НА ЗЛАКОВІ КУЛЬТУРИ 65

ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

Заморов В. В., Караванський Ю.В., Чернікова С. Ю.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ІХТІОФАУНИ В ПРИБЕРЕЖНІЙ ЗОНІ МОРЯ ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ У 2016–2017 РР. 77

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

Макаренко О. А., Гладкій Т. В., Майкова Г. В.

СТАН ЗУБО-ЩЕЛЕПНОЇ СИСТЕМИ ЩУРІВ НА ТЛІ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕПАТИТУ ТА ДИСБІОЗУ 97

Сушко О. О., Іскра Р. Я.

ВПЛИВ ЦИТРАТІВ ВАНАДІЮ ТА ХРОМУ НА АНТИОКСИДАНТНУ СИСТЕМУ В КРОВІ ЩУРІВ ІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ ДІАБЕТОМ..... 106

ІСТОРІЯ ФАКУЛЬТЕТУ ТА УНІВЕРСИТЕТУ

Коваленко С. Г., Васильєва Т. В., Бондаренко О. Ю., Немерцалов В. В.

АКАДЕМІК УКРАЇНСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК А. М. КРИШТОФОВИЧ – ВИПУСКНИК НОВОРОСІЙСЬКОГО (зараз Одеського національного імені І. І. Мечникова) УНІВЕРСИТЕТУ. (До 100-річчя Національної академії наук України) 119

НАШІ ЮВІЛЯРИ

ДО 60-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ВАЛЕРІЯ ПЕТРОВИЧА ГЕРАСИМЮКА 131

ДО 70-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ФЕДОРА ПЕТРОВИЧА ТКАЧЕНКА 132

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ 134

СОДЕРЖАНИЕ

БИОХИМИЯ

Андриевский А. М., Подзолкова Ю. Ю., Рыжко И. Л., Пастернак С. Л.
ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ТРИПСИНОПОДОБНЫХ ФЕРМЕНТОВ У ОСОБЕЙ ЛАБОРАТОРНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *DROSOPHILA MELANOGASTER* И *DROSOPHILA VIRILIS* *9*

Диордица Я. В.
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСОВ АНТИОКСИДАНТОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫВОРОТКИ КРОВИ КРЫС В УСЛОВИЯХ ОСТРОГО ГЕПАТИТА 21

БОТАНИКА И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Герасимюк В. П., Герасимюк Н. В.
ВИДОВОЙ СОСТАВ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ ПРУДОВ ДЕНДРОПАРКА ИМЕНИ ПОБЕДЫ ГОРОДА ОДЕССЫ 33

ГЕНЕТИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

Бакума А. А., Чеботарь Г. А., Лавриненко Ю. А., Чеботарь С. В.
АЛЛЕЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕНОВ СИСТЕМ *PPD-1* И *VRN-1* В СОРТАХ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИНСТИТУТА ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НААН УКРАИНЫ 49

Сечняк А. Л., Мирось С. Л., Довганюк Е. А.
ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ *FUSARIUM GRAMINEARUM* SCHWABE НА ЗЛАКОВЫЕ КУЛЬТУРЫ 65

ГИДРОБИОЛОГИЯ И ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

Заморов В. В., Караванский Ю.В., Черникова С. Ю.
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИХТИОФАУНЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ МОРЯ ОДЕССКОГО ЗАЛИВА В 2016–2017 ГГ. 77

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Макаренко О. А., Гладкий Т. В., Майкова А. В.
СОСТОЯНИЕ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ КРЫС НА ФОНЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕПАТИТА И ДИСБИОЗА 97

Сушко О. О., Искра Р. Я.
ВЛИЯНИЕ ЦИТРАТОВ ВАНАДИЯ И ХРОМА НА АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ В КРОВИ КРЫС С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДИАБЕТОМ..... 106

ИСТОРИЯ ФАКУЛЬТЕТА И УНИВЕРСИТЕТА

Коваленко С. Г., Васильева Т. В., Бондаренко Е. Ю., Немерцалов В. В.
АКАДЕМИК УКРАИНСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК А. Н. КРИШТОФОВИЧ – ВЫПУСКНИК НОВОРОССИЙСКОГО (ныне Одесского национального имени И. И. Мечникова) УНИВЕРСИТЕТА. (К 100-летию Национальной академии наук Украины) 119

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ГЕРАСИМЮКА ВАЛЕРИЯ ПЕТРОВИЧА 131

К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ТКАЧЕНО ФЕДОРА ПЕТРОВИЧА..... 132

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ 134

CONTENTS

BIOCHEMISTRY

Andrievskii O. M., Podzolkova J. Yu., Ryzhko I. L., Pasternak S. L.

ONTOGENETIC CHANGES IN THE ACTIVITY OF TRYPSIN-LIKE ENZYMES IN INDIVIDUALS OF THE LABORATORY POPULATION OF *DROSOPHILA MELANOGASTER* AND *DROSOPHILA VIRILIS* *9*

Diorditsa Y. V.

THE INFLUENCE OF ANTIOXIDANT COMPOUNDS ON THE BIOCHEMICAL INDICATORS OF RATS' BLOOD SERUM UNDER ACUTE HEPATITIS 21

BOTANY AND PLANT PHYSIOLOGY

Gerasimiuk V. P., Gerasimiuk N. V.

SPECIES COMPOSITION OF MICROSCOPIC ALGAE OF THE PONDS OF DENDROPARK NAMED AFTER THE VICTORY IN THE CITY OF ODESA 33

GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY

Bakuma A. O., Chebotar G. O., Lavrinenko U. O., Chebotar S. V.

ALLELIC STATUS OF THE *PPD-1* AND *VRN-1* GENETIC SYSTEMS IN WINTER WHEAT VARIEITIES OF THE INSTITUTE OF IRRIGATED AGRICULTURE OF NAAS UKRAINE 49

Sechniak A. L., Miros S. L., Dovganiuk E. A.

CYTOGENETIC EFFECTS OF FUSARIUM GRAMINEARUM SCHWABE ON CEREAL CULTURES..... 65

HYDROBIOLOGY AND GENERAL ECOLOGY

Zamorov V. V., Karavanskyi Yu.V., Chernykova S. Yu.

FISH FAUNA RESEARCH RESULTS RELATED TO ODESA BAY COASTAL MARINE AREA IN COURSE OF 2016–2017 77

PHYSIOLOGY HUMAN AND ANIMALS

Makarenko O. A., Gladkyi T. V., Maikova A. V.

THE CONDITION OF THE DENTOALVEOLAR SYSTEM OF RATS AT THE BACKGROUND OF HEPATITIS AND DYSBIOSIS MODELLING 97

Sushko O. O., Iskra R. Ya

THE INFLUENCE OF VANADIUM AND CHROMIUM CITRATES ON THE ANTIOXIDANT SYSTEM IN THE BLOOD OF RATS WITH EXPERIMENTAL DIABETES..... 106

HISTORY OF THE FACULTY AND UNIVERSITY

Kovalenko S. G., Vasylieva T. V., Bondarenko O.Yu., Nemertsalov V. V.

ACADEMICIAN OF UKRAINE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE A. M. KRYSHTOFOVYCH – A GRADUATE OF NOVOROSSIAN (now Odesa Mechnykov National) UNIVERSITY (to the 100th anniversary of Ukrainian National Academy of Science)..... 119

OUR ANNIVERSARIES

THE 60th ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF GERASYMIUK VALERII PETROVYCH 131

THE 70thANNIVERSARY OF THE BIRTH OF TKACHENKO FEDIR PETROVYCH.... 132

RULES FOR THE AUTHORS 134

БІОХІМІЯ

УДК 577.152.3:595.773.4 **doi 10.18524/20771746.2019.1(44).167884**

О. М. Андрієвський[1], к. б. н., професор
Ю. Ю. Подзолкова[3], спеціаліст
І. Л. Рижко[2], к. б. н., старший викладач
С. Л. Пастернак[3], аспірант
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
біологічний факультет,
[1]кафедра біохімії,
[2]кафедра гідробіології та загальної екології,
[3]кафедра генетики та молекулярної біології
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: i.l.ryzhko@onu.edu.ua

ОНТОГЕНЕТИЧНІ ЗМІНИ АКТИВНОСТІ ТРИПСИНОПОДІБНИХ ФЕРМЕНТІВ У ОСОБИН ЛАБОРАТОРНИХ ПОПУЛЯЦІЙ *DROSOPHILA MELANOGASTER* ТА *DROSOPHILA VIRILIS*

Досліджували онтогенетичне варіювання показників маси тіла та активності трипсиноподібних ферментів у особин лабораторних популяцій двох видів плодових мушок: *Drosophila melanogaster* та *Drosophila virilis*. За даними окремих особин складено криві мінливості маси тіла для личинок, лялечок та імаго. Визначено онтогенетичні зміни індивідуальної відносної та питомої активності трипсиноподібних ферментів на популяційному рівні. Розраховано середні показники маси тіла та активності трипсиноподібних ферментів для кожної стадії постембріонального розвитку дрозофіл. Визначено діапазони варіювання досліджуваних показників за стаціонарних умов культивування дрозофіл. Встановлено, що найбільші показники маси тіла особин та їх протеолітична активність (за даними виду *melanogaster*) співпадають з личинковою фазою розвитку. Обговорюються можливі причини індивідуальних відмінностей в експресії активності трипсиноподібних ферментів.

Ключові слова: трипсиноподібні ферменти; експресивність; онтогенез; *Drosophilidae*.

Розвиток зародка комах супроводжується великомасштабними процесами перебудови білкових тіл в ході лізису запасних білків яйця та побудови тканин майбутньої личинки [9]. Це забезпечується наявністю в ембріонах як специфічних протеолітичних ферментів, так і систем контролю їх активності. Протеоліз – ключовий процес ембріогенезу комах. Завдяки запрограмованості процесу протеолізу доля кожного білкового компонента жовтка та зародка, який розвивається, строго індивідуальна [4]. Протеолітичні ферменти виконують різноманітні фізіологічні функції в живому організмі, починаючи з переварювання білків та закінчуючи специфічними регуляторними процесами, такими як активація зимогенів, утворення гормонів і інших фізіологічно

© О. М. Андрієвський, Ю. Ю. Подзолкова, І. Л. Рижко, С. Л. Пастернак, 2019

активних пептидів з їх попередників, транспорт білків, захисні реакції [4, 6]. Прояв активності протеолітичних ферментів в онтогенезі може слугувати важливим показником фізіологічного стану тієї або іншої системи організму, що зазнає вікових змін.

Серед протеолітичних ферментів кишкового тракту важливу роль відіграють трипсиноподібні ферменти. Наразі з'ясовано, що геном дрозофіл містить 11 генів-паралогів трипсину (альфа-, бета-, гама-, дельта-, епсилон-, зета-, ета-, тета-, йота-, каппа-, та лямбда-трипсини), які складають тандемний кластер у другій парі гомологічних хромосом *Drosophila melanogaster*. Згідно з даними профілів експресії бази «Fly Base» відомо, що найбільш високий рівень експресії має ген альфа-трипсину на стадії імаго та бета-трипсину на стадії личинки. Гени дельта-, зета- та тета-трипсинів мають декілька нижчий рівень експресії. Інші гени кластеру виявляють слідову експресію, окрім лямбда-трипсину, ген якого має надзвичайно високий рівень експресії на ембріональній стадії [8]. Таким чином, говорячи про протеолітичну (у даному разі трипсиноподібну активність), ми маємо на увазі сукупну активність продуктів генів трипсинового кластеру, головним чином альфа- та бета-трипсинів.

Метою роботи було дослідити рівень коливання трипсин-пептидгідролазної активності на різних етапах онтогенезу у окремих особин лабораторних популяцій *Drosophila virilis* і *Drosophila melanogaster* та порівняти показники активності у досліджуваних видів.

Для досягнення мети вирішували наступні завдання:

1. Встановити рівень коливання маси тіла у окремих особин лабораторних популяцій *D. virilis* та *D. melanogaster* на стадіях постембріонального розвитку;
2. Визначити ступінь коливання активності трипсиноподібних ферментів у особин лабораторних популяцій *D. virilis* та *D. melanogaster* на стадіях личинки, лялечки та імаго;
3. Дослідити онтогенетичні зміни активності трипсиноподібних ферментів в популяціях дрозофіл;
4. Порівняти показники активності трипсиноподібних ферментів у *D. virilis* та *D. melanogaster.*

Матеріали і методи дослідження

Матеріалом дослідження слугували 3-добові личинки, лялечки та імаго двох видів дрозофіл, які культивувалися на стандартному живильному середовищі в затемненому термостаті при +25 *ºC*. Відібраних особин зважували на аналітичних вагах ("Zaklady mechaniki precyzyjnej", Польща) з точністю до 0,1 мг і окремо гомогенізували в 100 *мкл* 0,1 *М* гліцин-*NaOH* буфера (*pH* 9,0). В індивідуально отриманих гомогенатах визначали загальну активність трип-

синоподібних ферментів з використанням специфічного субстрату *N*-бензоїл-*DL*-аргінін-*n*-нітроаніліда гідрохлориду (БАПНА), який в концентрації 1 *мМ* додавали до кожної проби, включаючи контрольну, в кількості 0,5 мл.

Ферментативний гідроліз БАПНА здійснювали в лужному середовищі у присутності пептидгідролаз. З цією метою ферментвмістні розчини в об'ємі 0,1 мл передінкубували протягом 5–10 хв в 0,1 *М* гліцин-*NaOH* буфері, *pH* 9,0, узятому в об'ємі 2,4 мл.

Після налаштування спектрофотометра СФ-26 за довжини хвилі 382,5 *нм* по контрольній пробі, що не містила гомогенату, визначали показники екстинкції дослідних проб у «нульовий» час. Подальший процес розщеплювання субстрату реєстрували через 60 хв інкубації. З урахуванням вказаного тимчасового інтервалу визначали динаміку оптичної щільності (ΔE) при λ = 382,5 нм [3].

Розрахунок відносної активності ферментів проводили на підставі отриманих значень екстинкції за формулою:

$$BA = \frac{\Delta E \cdot V \cdot 1000}{v \cdot t \cdot k},$$

де *ВА* – відносна активність ферментів, виражена в міліодиницях (мО), віднесених до 1 мл гомогенату. За 1 мО активності приймали кількість пептидгідролаз, що призводять до утворення 1 мкМ ароматичного продукту – *n*-нітроаніліну за 1 хв при +25 ºС;

ΔE – різниця екстинкцій дослідної і контрольної проб;

V – кінцевий об'єм інкубаційної суміші (мл);

1 000 – коефіцієнт переведення одиниць в міліодиниці;

v – об'єм ферментного розчину в інкубаційному середовищі (мл);

t – тривалість ферментативного гідролізу субстрату (хв);

k – коефіцієнт переведення одиниць екстинкції в мікромолі *n*-нітроаніліну, що утворився при гідролізі БАПНА (в наших дослідах він дорівнював 10).

Питому активність знаходили за формулою:

$$ПА = \frac{BA}{m},$$

де *ПА* – питома активність ферментів, виражена в міліодиницях (мО) в розрахунку на 1 мг маси тіла личинки, лялечки або імаго;

ВА – відносна активність ферментів;

m – маса тіла однієї особини (личинки, лялечки або імаго), виражена в мг.

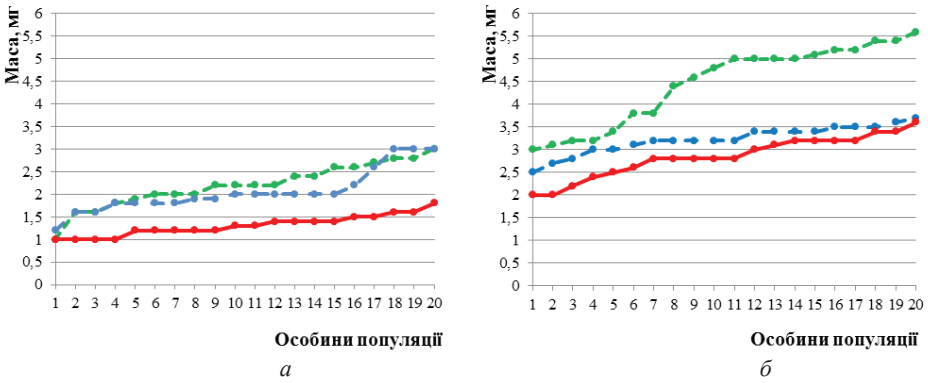
Отримані первинні дані були опрацьовані статистично за допомогою комп'ютерної програми «*Excel*» та оформлені у вигляді варіаційних кривих та гістограм.

Результати дослідження та їх обговорення

В процесі індивідуального розвитку дрозофіли відбуваються значні зміни практично всіх показників фенотипу, як то гістологічні, фізіологічні, а також біохімічні [5]. Одним із найбільш важливих показників є маса тіла окремо взятої особини. Цей показник певною мірою залежить від функціонування травної системи, ферменти якої перш за все забезпечують накопичення пластичних речовин, які використовуються в процесах росту та розвитку досліджуваного організму. Слід зазначити, що в цьому випадку найбільш важливу функцію виконують протеолітичні ферменти кишкового тракту [1].

Досліджуючи цей показник (маса тіла (рис. 1)) в онтогенезі *Drosophila virilis* та *D. melanogaster*, ми з одного боку вивчали зміни цієї ознаки впродовж постембріонального розвитку дрозофіли, а з іншого – використовували дані маси тіла для розрахунків питомої активності у окремо відібраних личинок, лялечок та імаго.

У зв'язку з цим було встановлено, що на різних стадіях розвитку у досліджуваних форм дрозофіл показники маси тіла змінюються не тільки в залежності від фази онтогенезу, а також варіюють на рівні популяції. Так, показники маси тіла у личинок третьої доби розвитку *D. melanogaster* варіюють у діапазоні від мінімального значення 1 мг до максимального – 3 мг; в той же час, у *D. virilis* цей показник варіює від 3 мг до 5,6 мг. При визначенні маси тіла у 20-ти відібраних лялечок *D. melanogaster* було встановлено коливання цього показника в межах від 1,2 мг до 3 мг, а у *D. virilis* – від 2,5 мг до 3,7 мг. Що стосується маси тіла дорослих мух, то вона варіювала в діапазоні від 1 до 1,8 мг – у *D. melanogaster* та від 2 до 3,6 мг – у *D. virilis* (рис. 1). Як представлено на рисунку 2 за середніми показниками маси тіла *D. virilis* переважає *D. melanogaster* на всіх етапах онтогенезу. Отже, найбільшу масу тіла в обох випадках мали личинки; лялечки характеризувалися проміжним показником маси тіла, тоді як дорослі мухи мали найменший показник цієї ознаки.



а *б*

Рис. 1. Показники маси тіла Drosophila melanogaster (а) та Drosophila virilis (б) на етапах онтогенезу: ----- – личинки, – – – лялечки, —— – імаго: 1 – 10 – самці, 11 – 20 – самки.

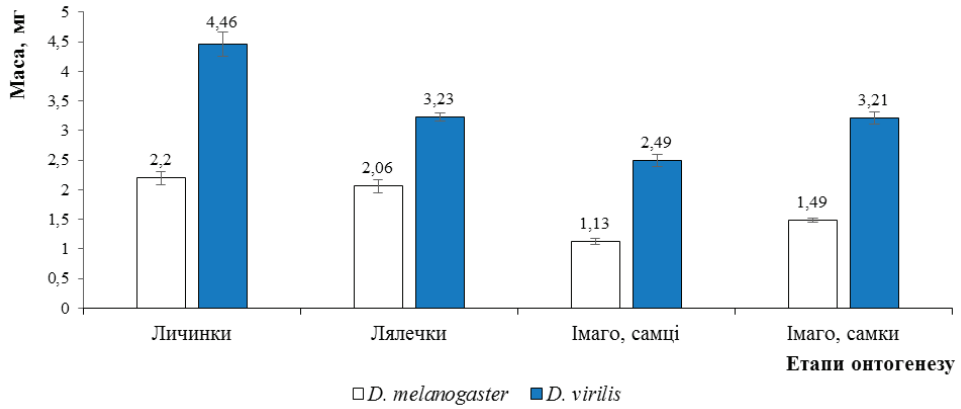
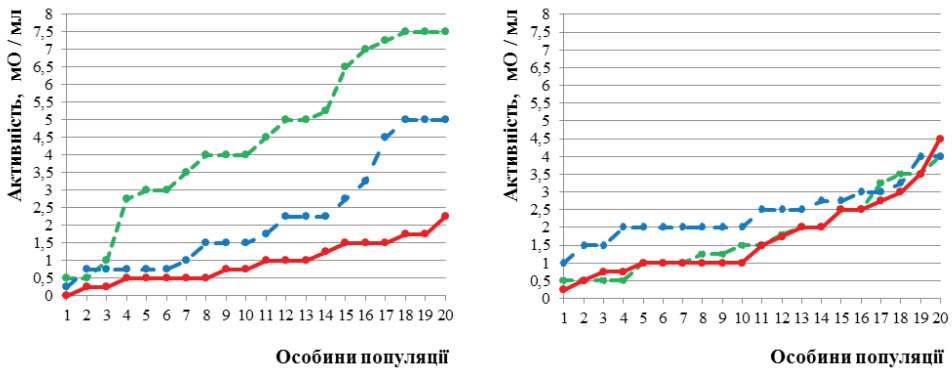


Рис. 2. Порівняння середніх показників маси тіла Drosophila melanogaster та Drosophila virilis на етапах онтогенезу: личинки, лялечки – n = 20, імаго – n = 10.

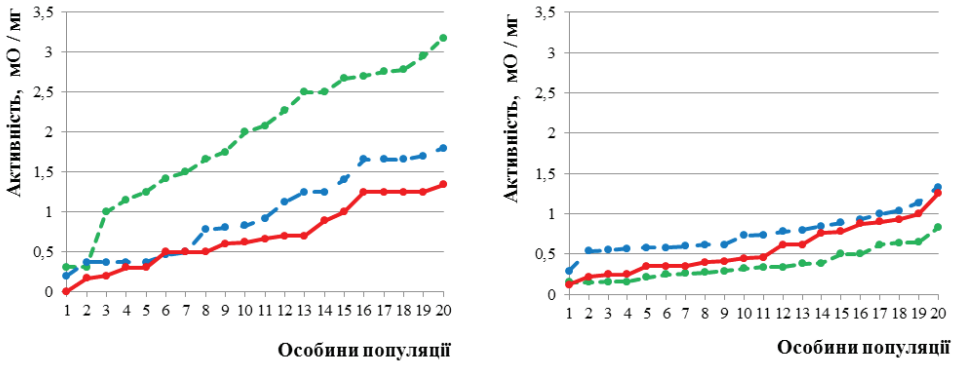
Таким чином, в ході онтогенезу спостерігались суттєві зміни показників маси тіла з найбільшим вираженням на стадії личинки та найменшим – на стадії імаго.

Визначення відносної та питомої активностей трипсиноподібних ферментів у 20-ти відібраних личинок, лялечок та імаго популяцій *D. virilis* та *D. melanogaster* дало змогу виявити індивідуальні коливання цієї ознаки та порівняти прояв активності досліджуваних ферментів мух, які є представниками двох різних видів дрозофіл (рис. 3, 4).



а *б*

Рис. 3. Показники відносної активності трипсиноподібних ферментів Drosophila melanogaster (а) та Drosophila virilis (б) на етапах онтогенезу: ----- – личинки, – – – лялечки, —— – імаго: 1 – 10 – самці, 11 – 20 – самки.



а *б*

Рис. 4. Показники питомої активності трипсиноподібних ферментів Drosophila melanogaster (а) та Drosophila virilis (б) на етапах онтогенезу: ----- – личинки, – – – лялечки, —— – імаго: 1 – 10 – самці, 11 – 20 – самки.

Як видно з рисунку 4, питома активність трипсиноподібних ферментів 3-денних личинок популяції *D. melanogaster* варіює в межах від 0,3 до 3,18 мО/мг маси тіла. Такий рівень прояву активності відображає стан протеолітичної системи в період підвищеного функціонування травної системи саме на цьому етапі онтогенезу.

Подібна динаміка варіювання рівня питомої активності спостерігається і на етапі лялечки. Активність на цій стадії розвитку лялечок *melanogaster* коливалася в значно меншому діапазоні: від 0,3 до 1,34 мО/мг маси тіла, що представлено на рисунку 4. Це пояснюється тим, що на цьому етапі онтогенезу відбувається повна перебудова травної системи, пов'язана з гістолізом личинкових органів (насамперед, кишковника) та формуванням імагінальних органів.

Таким чином, зміна фаз розвитку викликає суттєві зміни в функціонуванні всієї протеолітичної системи комахи: спостерігається зменшення експресії головних протеолітичних ферментів травної системи, відповідальних за деградацію харчових протеїнів.

На стадії імаго у *D. melanogaster* в залежності від відносної активності (рис. 3) та маси тіла (рис. 1, 2) спостерігаються суттєві індивідуальні зміни питомої активності трипсиноподібних ферментів. При цьому, коливання цього показника представлені в діапазоні від 0,2 до 1,4 мО в розрахунку на 1 мг маси тіла (рис. 4).

З наведених вище даних видно, що максимальний прояв питомої активності трипсиноподібних ферментів спостерігається у трьох-добових личинок *melanogaster*, що свідчить про їх інтенсивне харчування, в процесі якого важливу функцію відіграє трипсин кишечнику. Досить різке зниження зазначеної

активності співпадає зі стадією лялечки. Саме в цей період розвитку дрозофіли відбувається кардинальна перебудова травної системи з глибоким пригніченням протеолітичних ферментів кишкового тракту. Відновлення досліджуваної активності трипсиноподібних ферментів спостерігається на стадії дорослої мухи, але, як показано у попередніх дослідженнях [1], рівень активності трипсину у імаго *Drosophila melanogaster* ніколи не досягає рівня тої ж активності у личинок. Насамперед це пояснюється особливостями харчування дорослих мух, які у якості основного харчового продукту використовують не білки, а вуглеводи.

Дослідження онтогенетичних змін прояву активності трипсиноподібних ферментів особин іншого виду дрозофіл – *Drosophila virilis* – виявило як риси схожості, так і відмінності цього біохімічного показника у порівнянні з таким у *Drosophila melanogaster.* А саме: на стадії личинкового розвитку питома активність трипсиноподібних ферментів коливалася в межах від 0,15 до 0,83 мО/мг маси тіла. При цьому, максимальний показник мух *virilis* майже в 4 рази був нижчим ніж показник у мух *melanogaster.* Виявлені міжвидові розбіжності в рівнях активності на стадії личинки можна пояснити особливостями динаміки процесу харчування залежно від експресії протеолітичних ферментів. У зв'язку з цим максимум експресії ферментів може співпадати з попереднім часом розвитку личинки. Визначені нами коливання досліджуваної активності у личинок на популяційному рівні представлені на рисунку 4.

На відміну від прояву активності трипсиноподібних ферментів на стадії личинки, діапазони коливань цієї біохімічної ознаки у лялечок та імаго мух *D. virilis* практично співпадають з аналогічними показниками у мух *D. melanogaster.* Отримані експериментальні дані представлені на рисунку 4.

Визначення індивідуальних показників відносної та питомої активності трипсиноподібних ферментів двох різних видів дрозофіл дозволило нам встановити середні показники рівня експресії досліджуваних ферментів в процесі індивідуального розвитку *D. melanogaster* та *D. virilis.*

Як видно на рисунку 5, показники відносної активності трипсиноподібних ферментів (в розрахунку на 1 мл гомогенату тканин) різних видів суттєво відрізняються. Так, активність пептидгідролаз личинок *melanogaster* приблизно в 2,5 рази перевищує той же показник у личинок *virilis.* В той же час на стадії лялечки та імаго показники відносної активності трипсиноподібних ферментів різних видів практично не відрізняються. Також, схожість в середніх показниках експресії ферментів спостерігається і в порівнянні стадії лялечки зі стадією імаго.

Що стосується питомої активності трипсиноподібних ферментів (в розрахунку на 1 мг маси тіла), то її середні показники упродовж індивідуального розвитку двох різних видів свідчать про те, що максимальний рівень експресії пептидгідролаз спостерігається на стадії личинки у *D. melanogaster.* Причому, він в декілька разів перевищує рівень експресії трипсиноподібних ферментів у

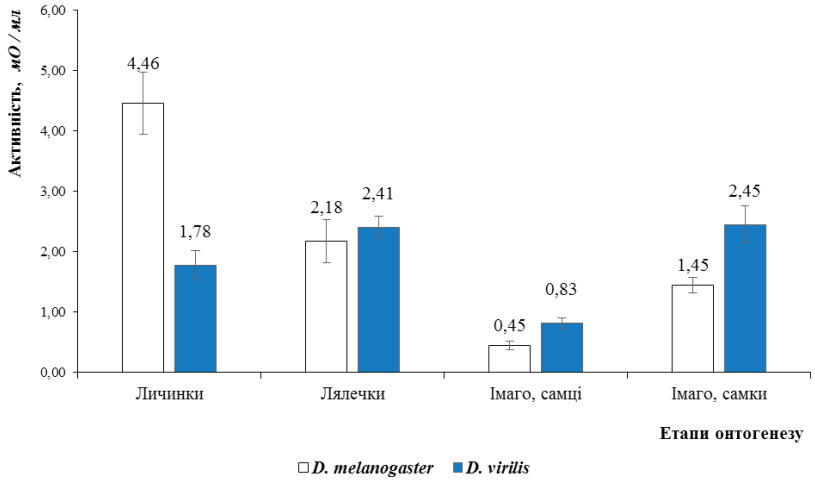


Рис. 5. Порівняння середніх показників відносної активності трипсиноподібних ферментів Drosophila melanogaster та Drosophila virilis на етапах онтогенезу: личинки, лялечки – n = 20, імаго – n = 10.

D. virilis. На стадіях лялечки та імаго міжвидові відмінності в прояві питомої активності трипсиноподібних ферментів досить достовірні. До того ж, рівні експресії цих ферментів за середніми даними у обох видів дрозофіл на стадії лялечки та імаго практично не відрізняються лише у самців. Описані результати представлені на рисунку 6.

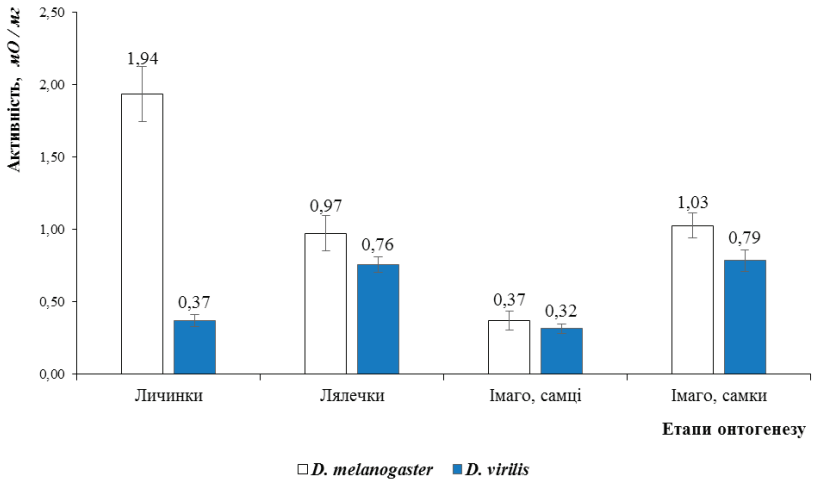


Рис. 6. Порівняння середніх показників питомої активності трипсиноподібних ферментів Drosophila melanogaster та Drosophila virilis на етапах онтогенезу: личинки, лялечки – n = 20, імаго – n = 10.

Таким чином, на популяційному рівні у двох видів дрозофіл спостерігаються як міжвидові, так і індивідуальні коливання експресії активності трипсиноподібних ферментів. Крім того, зміни рівня прояву активності досліджуваних ферментів відбуваються і впродовж індивідуального розвитку комахи. З одного боку, індивідуальну мінливість досліджуваної біохімічної ознаки можна вважати модифікаційною мінливістю, а з іншого – гетерогенним складом популяцій як *D. melanogaster*, так і *D. virilis*. Тобто популяцію можуть складати особини, геном яких містить різні алельні варіанти генів трипсиноподібних ферментів.

Що стосується онтогенетичних змін в прояві активності досліджуваних ферментів, то вони, насамперед, залежать від регуляції експресії генів, зокрема генів трипсиноподібних ферментів за допомогою гормонів, факторів транскрипції, посттрансляційної модифікації та інших фізіологічно активних чинників [7].

Висновки

1. В ході онтогенезу дрозофіл обох досліджуваних видів спостерігається суттєве варіювання показників маси тіла (від мінімального значення 1 мг у імаго *D. melanogaster* до максимального – 5,6 мг у личинок *D. virilis*), від яких, в свою чергу, залежить рівень індивідуальної питомої активності трипсиноподібних ферментів.

2. На стадіях личинки, лялечки та імаго визначено ступінь прояву питомої активності трипсиноподібних ферментів з максимальним (3,18 мО/мг маси тіла) її проявом на стадії личинки у *D. melanogaster*.

3. В лабораторних популяціях *D. melanogaster* та *D. virilis* на всіх стадіях онтогенезу спостерігаються значні зміни варіюючої експресивності трипсиноподібних ферментів.

4. На стадії личинки питома активність трипсиноподібних ферментів *D. melanogaster* суттєво перевищує (у 6 разів) показник активності ферментів у *D. virilis*; на стадіях лялечки та імаго ступені прояву активності трипсиноподібних ферментів у обох видів дрозофіл достовірно відрізняються.

Список використаної літератури

1. Андриевский А. М. Онтогенетические особенности пептидгидролазной активности экстрактов тканей *Drosophila melanogaster* / А. М. Андриевский, С. В. Катаненко, В. Н. Тоцкий // Украинский биохимический журнал. – 1982. – Т. 54, № 5. – С. 519–524.
2. Андрієвський О. М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з генетичного аналізу дрозофіли / О. М. Андрієвський, Н. Д. Хаустова. – Одеса, 2003. – 9 с.
3. Андрієвський О. М. Фізико-хімічні методи дослідження білків / О. М. Андрієвський. – Одеса, 2003. – 39 с.
4. Антонов В. К. Химия протеолиза / В. К. Антонов. – М.: Наука, 1983. – 367 с.
5. Бей-Биенко Г. Я. Общая энтомология / Г. Я. Бей-Биенко. – М.: Высшая школа, 1980. – 416 с.
6. Нейрат Р. Ферменти, переваривающие белки / Р. Нейрат, пер. с англ. – М.: Изд-во иностр. лит.,1966. – 244 с.

7. Пушкина Н. В. Посттрансляционные модификации белков / Н. В. Пушкина. – Ростов-на-Дону: Издательство РГУ, 1998. – 250 с.
8. Fly Base: improvements to the bibliography / S. J. Marygold, P. C. Leyland, R. L. Seal et al. // Nucleic Acids Res., 2013. – Vol. 41. – P. 751–757.
9. Mahowald A. P. Genetics of Drosophila embryogenesis / A. P. Mahowald, P. A. Hardy // Annual Review of Genetics, 1985. – Vol. 19. – P. 149–177.

Стаття надійшла до редакції 27.03.2019

А. М. Андриевский[1], Ю. Ю. Подзолкова[3], И. Л. Рыжко[2], С. Л. Пастернак[3]
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
биологический факультет,
[1]кафедра биохимии,
[2]кафедра гидробиологии и общей экологии
[3]кафедра генетики и молекулярной биологии,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ТРИПСИНОПОДОБНЫХ ФЕРМЕНТОВ У ОСОБЕЙ ЛАБОРАТОРНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *DROSOPHILA MELANOGASTER* И *DROSOPHILA VIRILIS*

Резюме
Введение. Исследовали онтогенетическое варьирование показателей массы тела и активности трипсиноподобных ферментов у особей лабораторных популяций двух видов плодовых мушек: *Drosophila melanogaster* и *Drosophila virilis*.
Цель работы – исследовать уровень колебания трипсин-пептидгидролазной активности на разных этапах онтогенеза у отдельных особей лабораторных популяций *Drosophila virilis* и *Drosophila melanogaster* и сравнить показатели активности у исследуемых видов.
Методы. Материалом исследования послужили 3-суточные личинки, куколки и имаго двух видов дрозофилы, которые культивировались в стандартных условиях. В индивидуально полученных гомогенатах определяли общую активность трипсиноподобных ферментов с использованием специфического субстрата *N*-бензоил-*DL*-аргинин-*n*-нитроанилида гидрохлорида (БАПНА). Ферментативный гидролиз БАПНА проводили в щелочной среде в присутствии пептидгидролаз. Определяли динамику оптической плотности (ΔE) при $\lambda = 382{,}5$ нм. Расчет относительной активности ферментов проводили на основании полученных значений экстинкции. Удельную активность находили по формуле. Полученные первичные данные были обработаны статистически и оформлены в виде кривых изменчивости и гистограмм.
Результаты и выводы. По данным отдельных особей составлены кривые изменчивости массы тела для личинок, куколок и имаго. Определены онтогенетические изменения индивидуальной относительной и удельной активности трипсиноподобных ферментов на популяционном уровне. Рассчитаны средние показатели массы тела и активности трипсиноподобных ферментов

для каждой стадии постэмбрионального развития дрозофил. Определены диапазоны варьирования исследуемых показателей при стационарных условиях культивирования дрозофилы. Установлено, что наибольшие показатели массы тела особей и их протеолитическая активность (по данным вида *melanogaster*) совпадают с личиночной фазой развития. Обсуждаются возможные причины индивидуальных различий в экспрессии активности трипсиноподобных ферментов дрозофил.

Ключевые слова: трипсиноподобные ферменты; экспрессивность; онтогенез; *Drosophilidae*.

O. M. Andrievskii[1], J. Yu. Podzolkova[3], I. L. Ryzhko[2], S. L. Pasternak[3]
Odesa Mechnykov National University, Faculty of Biology,
[1]Department of Biochemistry,
[2]Department of Hydrobiology and General Ecology,
[3]Department of Genetics and Molecular Biology,
2, Dvoryanska str., Odesa, 65082, Ukraine

ONTOGENETIC CHANGES IN THE ACTIVITY OF TRYPSIN-LIKE ENZYMES IN INDIVIDUALS OF THE LABORATORY POPULATION OF *DROSOPHILA MELANOGASTER* AND *DROSOPHILA VIRILIS*

Abstract
Introduction. The ontogenetic variation of body mass index and activity of trypsin-like enzymes in individuals of laboratory populations of two species of fruit fly: *Drosophila melanogaster* and *Drosophila virilis* were studied.
The **aim** of the work was to investigate the level of fluctuation of trypsin-peptide hydrolase activity at different stages of ontogenesis in separate individuals of the laboratory populations of *Drosophila virilis* and *Drosophila melanogaster* and to compare the activity indicators of the studied species.
Methods. The material of the study was the 3-day-old larvae, pupae and adults of two Drosophila species that were cultivated under standard conditions. In individually prepared homogenates, the total activity of trypsin-like enzymes was determined using the specific substrate *N*-benzoyl-*DL*-arginine-*p*-nitroanilide hydrochloride (BAPNA). The enzymatic hydrolysis of BAPNA was carried out in an alkaline medium in the presence of peptide hydrolases. The dynamics of optical density (ΔE) was determined at λ = 382.5 nm. The calculation of the relative activity of the enzymes was carried out on the basis of the extinction values obtained. The specific activity was found by the formula. The obtained primary data were processed statistically and presented in the form of variation curves and histograms.
Results and conclusion. The variation curves of the body mass for larvae, pupae and imago were built by the data of separate individuals. The ontogenetic changes of the individual relative and specific activity of trypsin-like enzymes at the population level were determined. The average body mass index and activity of trypsin-like enzymes for each stage of post-embryonic development of Drosophila were calculated. The ranges of variation of the studied parameters under the stationary

conditions of Drosophila cultivation were determined. It was determined that the highest indices of the body weight of individuals and their proteolytic activity (by the data of species *melanogaster*) coincide with the larval phase of the development. Possible causes of individual differences in the expression of the activity of trypsin-like enzymes in Drosophila are discussed.

Key words: trypsin-like enzymes; varying expressiveness; ontogeny; *Drosophilidae*.

References

1. Andryevskyi A. M., Katanenko S. V., Totskyi V. N. (1982) «*Ontogenetic features of peptidehydrolase activity of tissue extracts of Drosophila melanogaster*» [«Ontohenetycheskye osobennosty peptydhydrolaznoi aktyvnosty ekstraktov tkanei Drosophila melanogaster»], *Ukrainian biochemical journal*, 54, 5, pp. 519–524.
2. Andriievskyi O. M. Khaustova N. D. (2003) *Methodical instructions for laboratory work on genetic analysis of Drosophila* [Metodychni vkazivky do laboratornykh robit z henetychnoho analizu drozofily], Odesa, 9 p.
3. Andriievskyi O. M. (2003) *Physico-chemical methods of protein research* [Fizyko-khimichni metody doslidzhennia bilkiv], Odesa, 39 p.
4. Antonov V. K. (1983) *Chemistry of proteolysis* [Khymyia proteolyza], Moskva, Nauka, 367 p.
5. Bei-Byenko H. Ya. (1980) *General entomology* [Obshchaia entomolohyia], Moskva, Vysshaya shkola, 416 p.
6. Neirat R. (1966) *Enzymes digesting proteins* [Fermenty, perevaryvaiushchye belky], Moskva, Izd-vo inostr. lit., 244 p.
7. Pushkyna N. V. *Post-translational modifications of proteins* [Posttransliatsyonnie modyfykatsyy belkov], Rostov-na-Donu: Izdatelstvo RHU, 250 p.
8. Marygold S. J., Leyland P. C., Seal R. L. et al. (2013) Fly Base: improvements to the bibliography, Nucleic Acids Res., 41, pp. 751–757.
9. Mahowald A. P., Hardy P. A. (1985) Genetics of Drosophila embryogenesis, *Annual Review of Genetics*, 19, pp. 149–177.

УДК 577.125:678.048 **doi 10.18524/2077-1746.2019.1(44).167860**

Я. В. Діордіца, асистент
Миколаївський національний аграрний університет, факультет агротехнології, кафедра ґрунтознавства та агрохімії,
вул. Г. Гонгадзе, 9, Миколаїв, 54020, Україна, email: diorditsa_yv@ukr.net

ВПЛИВ КОМПЛЕКСІВ АНТИОКСИДАНТІВ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИРОВАТКИ КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ ГОСТРОГО ГЕПАТИТУ

Ураження щурів гідразин сульфатом викликає активізацію процесів перекисного окиснення ліпідів, а також зумовлює розвиток деструктивних процесів у печінці, що підтверджується зростанням концентрації трансаміназ і білірубіну та зниженням вмісту загального холестерину у сироватці крові. Застосування комплексу антиоксидантів у складі «Тріовіт» + кверцетин сприяло нормалізації процесів перекисного окиснення ліпідів та відновленню структурно-функціонального стану печінки.

Ключові слова: гострий гепатит; аланінамінотрансфераза; аспартатамінотрансфераза; білірубін; холестерин; кверцетин; «Тріовіт»; α-ліпоєва кислота.

Печінка – важлива залоза нашого організму, яка бере активну участь у біотрансформації ксенобіотиків ендогенного та екзогенного походження та забезпечує сталість внутрішнього середовища організму. Надмірне надходження ксенобіотиків в організм порушує рівновагу між окиснювальними процесами та захисними системами в організмі і сприяє активізації вільнорадикальних процесів у клітинах [1, 2, 5]. Активізація перекисного окиснення ліпідів спричиняє пошкодження мембран гепатоцитів та зумовлює швидке надходження внутрішньоклітинних компонентів у кров, що спричиняє ендогенну інтоксикацію [3, 14].

Для усунення проявів ендогенної інтоксикації застосовують антиоксиданти. Протекторні властивості антиоксидантів сприяють стабілізації системи гомеостазу, перешкоджаючи утворенню вільних радикалів, і попереджають порушення функцій тканин, які викликані вільними радикалами [17, 18].

Визнаними антиоксидантами, що використовуються для корекції гепатитів є кверцетин [7, 10], вітаміни А, Е, С [10, 13] та α-ліпоєва кислота [8-10, 21], проте, як правило, вони застосовуються окремо. Комбінація антиоксидантів «Тріовіт» + кверцетин + α-ліпоєва кислота та «Тріовіт» + кверцетин, їх вплив на печінку та процеси ПОЛ раніше не досліджувалась.

Метою дослідження було дослідити ефективність застосування комплексів антиоксидантів у складі «Тріовіт» + кверцетин та «Тріовіт» + кверцетин + α-ліпоєва кислота за умов розвитку гострого гепатиту.

© Я. В. Діордіца, 2019

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводили на білих лабораторних щурах-самках лінії Вістар стадного розведення, середньою масою 280 г, які утримувалися в стандартних умовах віварію на збалансованому раціоні, що містив усі необхідні компоненти. Питну воду та їжу тварини отримували без обмежень. Усі маніпуляції з тваринами проводили відповідно до правил «Європейської конвенції захисту хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986) та загальних принципів експериментів на тваринах, схваленими на національному конгресі з біоетики (Київ, 2001).

Тварин було поділено на 4 групи по 6 особин у кожній: I група – контроль (інтактна); II – гострий токсичний гепатит, викликаний шляхом одноразового внутрішньоочеревинного введення розчину гідразин сульфату (100 мг/кг); III – гострий токсичний гепатит + «Тріовіт» (50 мг/кг) + «Кверцетин» (20 мг/кг); IV – гострий токсичний гепатит + «Тріовіт» (50 мг/кг) + «Кверцетин» (20 мг/кг) + ліпоєва кислота (100 мг/кг). Комплекс препаратів щури отримували per os (перорально) відразу ж після введення розчину гідразин сульфату. Тварин виводили з експерименту під тіопенталовим наркозом, шляхом тотального кровопускання з серця через 24 години від початку експерименту. У тварин забирали кров із серця, центрифугували зі швидкістю 3000 об./хв протягом 30 хв. Отриману сироватку використовували для подальших досліджень.

Інтенсивність вільнорадикальних процесів в організмі щурів оцінювали за накопиченням дієнових кон'югатів (ДК). Концентрацію ДК визначали за здатністю утворювати спряжені подвійні зв'язки за наявності вільних радикалів у молекулах поліненасичених вищих жирних кислот за методом Левицького та ін. [12]. Кількість ДК виражали у ммоль/л.

Структурно-функціональні зміни печінки оцінювали за показниками печінкових маркерів. Ступінь цитолізу гепатоцитів оцінювали за активністю аланінамінотрансферази (АлАТ) та аспартатамінотрансферази (АсАТ). Активність АлАТ та АсАТ в сироватці крові визначали динітрофенілгідразиновим методом [6]. Активність АлАТ та АсАТ виражали в мккат/л.

Рівень білірубіну використовували для встановлення глибини уражень печінки [5]. Загальний білірубін у сироватці крові визначали за здатністю з діазотованою сульфаніловою кислотою утворювати забарвлені дізосполуки червоного кольору. Інтенсивність забарвлення вимірювали фотометрично [6]. Кількість загального білірубіну виражали в мкмоль/л.

Найбільше практичне значення для оцінки функціонального стану печінки має вміст холестерину в крові [15]. Вміст холестерину визначали ферментативним методом за допомогою набору реактивів «Холестерин–Ф», фірми Філісіт Діагностика (Україна), виражали в ммоль/л сироватки крові.

Статистичне опрацювання результатів досліджень проводили за допомогою програми BioStat 2008 5.8.4.3 для Windows. Вірогідність різниці між вибірками оцінювали за t-критерієм Стьюдента. Розбіжності вважали вірогідними за $P < 0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення

При моделюванні гострого токсичного гепатиту спостерігаємо зростання показників ДК у сироватці крові щурів II групи порівняно з інтактною групою на 27 % (табл. 1), що свідчить про активацію вільнорадикальних процесів в організмі уражених щурів під впливом гідразин сульфату. При застосуванні «Тріовіту» та кверцетину спостерігається зниження ДК на 10,7 % відносно тварин II групи, що свідчить про зменшення інтенсивності процесів ПОЛ. При застосуванні «Тріовіту», кверцетину та α-ліпоєвої кислоти спостерігаємо зростання показників ДК на 39 % порівняно з інтактною групою, та на 9 % порівняно з тваринами II групи, що не отримували корекцію антиоксидантами. Отримані дані свідчать про те, що даний комплекс антиоксидантів не мав позитивного впливу на концентрацію ДК. Отримані дані збігаються з даними інших авторів [11] про те, що при одноразовому введенні α-ліпоєвої кислоти у дозі 100 мг/кг вона протягом 24 год викликає активізацію ПОЛ. Прооксидантні властивості на початкових етапах застосування можуть бути пов'язані з тим, що ліпоєва кислота відновлюється в цитоплазмі клітини глутатіонпероксидазою до дегідроліпоєвої кислоти з використанням НАДФН, а потім переходить в позаклітинне середовище, де швидко окиснюється і знову надходить у клітину. Ці процеси тривають до встановлення рівноваги дегідроліпоєвої кислоти, що значно виснажує запас НАДФ та пригнічує глутатіонову антиоксидантну систему.

Таблиця 1

Показники сироватки крові щурів за дії гідразин сульфату та корекції антиоксидантами

Групи щурів	Вміст загального холестерину, ммоль/л	Активність АсАТ, мк-кат/л	Активність АлАТ, мк-кат/л	Вміст ДК, ммоль/л	Вміст білірубіну, ммоль/л
I група	1,83±0,17	0,777±0,018	0,351±0,025	1,03±0,18	2,94±0,74
II група	1,21 ± 0,17*	0,893 ± 0,02*	0,473 ± 0,048*	1,31±0,17	3,39±0,33
III група	1,49 ± 0,29	0,754±0,044**	0,374 ± 0,031	1,17±0,15	4,41±0,54
IV група	1,29 ± 0,09*	0,690±0,057**	0,298 ± 0,013*****	1,43±0,07*	3,82±0,32

Примітка: * – статистично значуща різниця порівняно з інтактною групою ($p < 0,05$); ** – статистично значуща різниця порівняно з II групою ($p < 0,05$); *** – статистично значуща різниця порівняно з III – групою ($p < 0,05$).

Досліджено коригувальний вплив комплексів антиоксидантів на стан плазматичних мембран гепатоцитів. Унаслідок деструкції та зміни проникності плазматичних мембран клітин після ураження гідразин сульфатом спостерігаємо вірогідне підвищення активності АлАТ на 35 %, а АсАТ – на 15 % порівняно з інтактною групою. Підвищення активності в сироватці крові АлАТ

та АсАТ свідчить про цитоліз гепатоцитів та переміщення ферментів у кров, що є маркером гострого ураження печінки [5]. Корекція «Тріовітом» та кверцетином знижувала показники АлАТ на 21 %, а АсАТ – на 16 % порівняно з тваринами II групи, що не отримували корекції. При цьому показники АсАТ та АлАТ майже відновились до рівня показників інтактної групи. При застосуванні «Тріовіту», кверцетину та α-ліпоєвої кислоти спостерігаємо найнижчі показники АлАТ та АсАТ серед усіх груп. При цьому рівень АлАТ знизився на 37 % порівняно з тваринами II групи та на 15 % порівняно з тваринами інтактної групи. Отримані дані були на 20 % нижчими, ніж у тварин III групи. Концентрація АсАТ знизилась на 23 % порівняно з тваринами II групи, на 11 % порівняно з інтактними тваринами та на 8 % порівняно з тваринами III групи.

Більш інформативним показником стану печінки є не лише абсолютні метаболічні показники АлАТ та АсАТ, а й співвідношення активностей трансаміназ у сироватці крові АсАТ/АлАТ – коефіцієнт де Рітіса. АлАТ міститься лише в цитоплазмі, а АсАТ – як в цитоплазмі, так і в мітохондріях гепатоцитів. У цитоплазмі концентрація АлАТ вища за концентрацію АсАТ. Отже, при розвитку гострого токсичного гепатиту, де первинним є ураження клітинних мембран, у кров'яне русло проникає більше цитоплазматичних, ніж мітохондріальних ферментів і коефіцієнт де Рітіса знижується відносно норми. У разі патологічних станів некротичного типу, що призводять до повного руйнування клітин печінки, концентрація АсАТ різко зростає за рахунок мітохондріальної фракції і коефіцієнт де Рітіса збільшується понад норму [3, 20].

Згідно з отриманими даними у щурів інтактної групи коефіцієнт АлАТ/АсАТ становив 2,21. У тварин II групи, яким вводили гідразин сульфат співвідношення АсАТ/АлАТ становило 1,88, що свідчить про значне пошкодження клітинних мембран гепатоцитів та вихід АлАТ у кров з пошкоджених тканин печінки [4]. У тварин III групи, що отримували для корекції «Тріовіт» + кверцетин, коефіцієнт де Рітіса становив 2,02. У тварин IV групи, що отримували «Тріовіт», кверцетин та ліпоєву кислоту, коефіцієнт де Рітіса становив 2,3, що вказує на підвищення рівня АсАТ у сироватці крові тварин даної групи. Таке збільшення АсАТ має місце при руйнуванні печінкової тканини [3, 15].

Ще одним маркером, що відображає стан гепатоцитів є вміст білірубіну у сироватці крові. При моделюванні гострого гепатиту у тварин II групи спостерігаємо зростання показників білірубіну на 15 % відносно рівня інтактних тварин, що свідчить про порушення поглинання, кон'югації та виведення білірубіну в жовч [4]. При застосуванні обох комплексів антиоксидантів спостерігаємо зростання рівню білірубіну, що вказує на порушення пігментної функції печінки [19].

Виражене зростання у крові тварин II групи концентрації білірубіну та амінотрансфераз свідчить про розвиток гострого гепатиту, що викликаний дією гідразин сульфату.

Печінка є одним із провідних органів регуляції ліпідного обміну, тому зміна її функціонального стану через вплив токсичних речовин може викликати порушення обміну холестерину в крові. У сироватці крові щурів на тлі гострого гепатиту спостерігаємо зниження показників загального холестерину на 34 % відносно інтактних тварин. Гіпохолестеринемія є ознакою порушення гепатоцитів, що виконують провідну роль у синтезі холестерину та регулюють його рівень у крові і може свідчити про розвиток печінкової недостатності [4, 15]. Введення комплексу «Тріовіт» + кверцетин на фоні гострого гепатиту викликає у щурів підвищення рівня холестерину на 23 % відносно тварин, що не отримували корекції. При використанні для корекції гепатиту «Тріовіту», кверцетину та α-ліпоєвої кислоти не спостерігаємо вірогідних змін порівняно з тваринами II групи, проте отримані показники були на 13 % нижчими від показників тварин III групи.

Висновки

1. Введення гідразин сульфату призводить до гіпохолестеринемії з одночасним зростанням концентрації дієнових кон'югантів, білірубіну, аспартат- та аланінамінотрасфераз, що свідчить про порушення функціонального стану печінки та розвиток гострого гепатиту.
2. Застосування комплексу антиоксидантів у складі «Тріовіт» + кверцетин позитивно впливає на показники дієнових кон'югантів, аспартат- та аланінамінотрасфераз відновлюючи їх до показників норми та проявляє тенденцію до відновлення концентрації холестерину, тобто проявляє гепатопротекторну дію.
3. Застосування комплексу антиоксидантів у складі «Тріовіт» + кверцетин + α-ліпоєва кислоти підвищує рівень дієнових кон'югантів та знижує рівень трансаміназ відносно показників інтактної групи.
4. Застосування комплексу антиоксидантів у складі «Тріовіт» + кверцетин є більш ефективним у корекції гострих гепатитів порівняно з комплексом «Тріовіт» + кверцетин + ліпоєва кислота.

Стаття надійшла до редакції 28.11.2018

Список використаної літератури

1. Баглай О. М. Фізіолого – біохімічні, біотехнологічні та морфологічні способи підвищення продуктивності тварин / О. М. Баглай, С. Д. Мурська, Б. В. Гутий // Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького. – 2011. – Т. 3, №4(50), ч. 2. – С. 3–11.
2. Барабой В. А. Биоантиоксиданты / В. А. Брабой. – К.: Книга плюс, 2006. – 462 с.
3. Бойків Д. П. Клінічна біохімія: підручник / Д. П. Бойків, за ред. О. Я. Склярова. – К.: Медицина, 2006. – 432 с.
4. Влізло В. В. Жовчоутворення та жовчовиділення у щурів при гострому експериментальному ураженні печінки / В. В. Влізло, О. І. Приступа // Біологія тварин. – 2011. – Т. 13. – С. 305–308.

5. Галенова Т. І. Зміна біохімічного профілю організму за умов тетрахлорметан-індукованого ураження печінки у щурів / Т. І. Галенова, Н. Г. Ракша, О. М. Савчук // Scientific journal «Science Rice: Biological Science». – 2016. – №2. – С. 47–54.
6. Горячковский А. М. Клиническая биохимия в лабораторной диагностике: [справочное пособие] / А. М. Горячковский. – Одеса: Екология, 2005. – 616 с.
7. Доркина Е. К. Влияние биофлаваноидов на перекисное окисление липидов и антиоксидантные системы печени крыс при остром алкогольном отравлении / Е. К. Доркина, Е. О. Сергеева, Э. Т. Оганесян, Е. П. Парфентьева // Вестник Вол ГМУ. – 2007. – № 3(23). – С. 50–52.
8. Журавлева Л. В. Влияние сочетаной терапии альфа-липоевой кислоты и бенфотиамина на течение неалкогольной жировой болезни печени / Л. В. Журавлева, Е. М. Кривоносова // Практикуючий лікар. – 2014. – № 4. – С. 42–47.
9. Карлович Т. И. Альфа-липоевая кислота в гепатологии / Т. И. Карлович, Л. Ю. Ильченко // Здоров'я України.– 2009. – С. 28–29.
10. Лавришин Ю. Ю. Біологічне значення системи антиоксидантного захисту організму тварин / Ю. Ю. Лавришин, І. С. Вархоляк, Т. В. Мартишук // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького. – 2016. – Т. 18, № 2(66). – С. 100–111.
11. Лалетин В. С. Липоевая кислота как потенциальный прооксидант / В. С. Лалетин, Л. С. Колесниченко // Сибирский медицинский журнал. – 2010. – № 1. – С. 72–74.
12. Левицький А. П. Методы исследования жиров и масел: [методические рекомендации] / А. П. Левицкий, О. А. Макаренко, И. В. Ходаков. – Одесса: КП «ОГТ», 2015. – 32 с.
13. Лихацька Г. В. Структурно-функціональні зміни печінки та мінеральної щільності кісткової тканини та їх корекція у хворих на виразкову хворобу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня, канд. мед. наук.: 14.01.36 «Гастроентерологія» / Г. В. Лихацька. – Івано-Франківськ, 2006. – 19 с.
14. Лучак М. В. Маркери ранніх стадій ушкодження гепатобіліарної системи у дітей, які проживають в регіонах з різним характером забруднення довкілля: дис. канд. мед. наук: 14.01.10 / Марта Володимирівна Лучак. – Львів, 2016. – 176 с.
15. Майданник В. Г. Пропедевтична педіатрія: підручник для студентів вищих медичних навчальних закладів / Під ред. В. Г. Майданник. – Вінниця: Нова книга, 2012. – 880 с.
16. Присяжнюк В. П. Особливості використання кверцетину у комплексному лікуванні хворих на цироз печінки невірусного походження // В. П. Присяжнюк // Вісник наукових досліджень. – 2013. – № 2. – С. 25–27.
17. Резніков О. Г. Про- та антиоксидантна системи і патологічні процеси в організмі людини / О. Г. Резніков, О. М. Полумбрик, Я. Г. Бальон // Вісник НАН України. – 2014. – № 10. – С. 19–29.
18. Усенко В. Ф. Дослідження переносимості та безпеки нового оригінального препарату «Квертин» / В. Ф. Усенко, І. А. Зупанець, Н. П. Безлуга // Український медичний альманах. – 2011. – Т. 14, № 4. – С. 208–209.
19. Ференц Н. М. Порушення окремих показників пігментного та ліпідного обміну при експериментальній пневмонії за умов іммобілізаційного стресу і корекція їх корвітином / Н. М. Фернц // Медична та клінічна хімія. – 2015. – Т. 17, № 2. – С. 60–62.
20. Чорненька Н. Біохімічні зміни в сироватці крові щурів за умов експериментальної опікової хвороби та їх корекція мелатоніном / Н. Чорненька, Я. Раєцька, О. Савчук // Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченко. – 2016. – № 2(21). – С. 44–48.
21. Stanković M. N. The effects of α-lipoic acid on liver oxidative stress and free fatty acid composition in methionine-choline deficient diet-induced NAFLD / M. N. Stanković, D. Mladenović, M. Nincjvić // Journal of Medicinal Food. – 2014. – Vol. 17(2). – P. 254–261.

Я. В. Диордица
Николаевский национальный аграрный университет,
кафедра почвоведения и агрохимии,
ул. Г. Гонгадзе, 9, Николаев, 54020, Украина, e-mail: diorditsa_yv@ukr.net

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСОВ АНТИОКСИДАНТОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫВОРОТКИ КРОВИ КРЫС В УСЛОВИЯХ ОСТРОГО ГЕПАТИТА

Резюме
Введение. Гепатиты разной этиологии – глобальная проблема, которая обусловлена их высокой социально-экономической значимостью и широкой распространенностью среди людей работоспособного возраста. Одной из актуальных проблем является поиск эффективных комбинаций веществ, которые проявляют антиоксидантные и гепатопротекторные свойства. К наиболее распространенным антиоксидантам, что используются для коррекции гепатитов относятся α-липоевая кислота, кверцетин и витамины А, Е, С.
Цель. Исследовать эффективность применения комплексов антиоксидантов в составе «Триовит» + кверцетин и «Триовит» + кверцетин + α-липоевая кислота в условиях развития острого гепатита.
Методы. Острый гепатит вызывали путем одноразового внутрибрюшинного введения раствора гидрозин сульфата 100 мг/кг. Антиоксиданты вводили сразу же после введения токсиканта в таких концентрациях: «Триовит» – 50 мг/кг; кверцетин – 20 мг/кг; α-липоевая кислота – 100 мг/кг. Животных выводили с эксперимента через 24 часа после его начала. Интенсивность свободнорадикальных процессов оценивали по концентрации диеновых коньюгатов. Состояние гепатоцитов оценивали по активности АлАТ, АсАТ и концентрации билирубина в сыворотке крови. Синтетическую способность печени оценивали по количеству холестерина в сыворотке крови.
Результаты. Проведенные исследования показали, что использование комплекса антиоксидантов «Триовит» + кверцетин нормализует показатели свободнорадикальных процессов в печени, способствует восстановлению показателей аминотрансфераз и холестерина, однако не снижает концентрацию билирубина в сыворотке крови. При использовании комплекса антиоксидантов «Триовит» + кверцетин + α-липоевая кислота наблюдали повышение концентрации ДК и снижение активности аминотрансфераз относительно показателей интактной группы.
Выводы. Использование комплекса антиоксидантов «Триовит» + кверцетин более эффективно, чем «Триовит» + кверцетин + α-липоевая кислота при коррекции острых гепатитов.

Ключевые слова: острый гепатит; аланинаминотрансфераза; аспартатаминотрансфераза; билирубин; холестерин; кверцетин; «Триовит»; α-липоевая кислота.

Y. V. Diorditsa
Mykolayiv National Agrarian University, Department of Soil Science and Agricultural Chemistry,
9, G. Gongadze str., Mykolayiv, 54020, Ukraine.

THE INFLUENCE OF ANTIOXIDANT COMPOUNDS ON THE BIOCHEMICAL INDICATORS OF RATS' BLOOD SERUM UNDER ACUTE HEPATITIS

Abstract
Introduction. Hepatitis of various etiologies is a global problem, which is caused by their high socio-economic significance and widespread prevalence among people of working age. One of the actual problems is the search for effective combinations of substances that have antioxidant and hepatoprotective properties. The most common antioxidants used to correct hepatitis include α-lipoic acid, quercetin and vitamins A, E, C.
Aim. The aim of the work was to study the effectiveness of using the antioxidant complexes «Triovit» + quercetin and «Triovit» + quercetin + α-lipoic acid under the conditions of acute hepatitis.
Methods. Acute hepatitis was caused by single intraperitoneal injection of hydrazine sulfate (100 mg/kg). Antioxidants were injected immediately after the injection of hydrazine sulfate in the following concentrations: «Triovit» – 50 mg / kg; quercetin – 20 mg / kg; α-lipoic acid – 100 mg / kg. The experiment lasted 24 hours. The intensity of free radical processes was determined by the concentration of diene conjugates. The state of hepatocytes was determined by the activity of ALT, AST and bilirubin concentration in serum. Synthetic function of the liver was determined by concentration of cholesterol in serum.
Results. The results of the conducted research prove that using the antioxidant complex which contains quercetin and "Triovit" normalizes indexes of free radical processes in liver, promotes recovering aminotransferase and cholesterol indexes, but does not reduce the bilirubin concentration in serum. Using the antioxidant complex which contains "Triovit" + quercetin + α-lipoic acid caused activation of lipid peroxidation processes, decrease in the activity of aminotransferases and cholesterol level.
Conclusion. Using the complex of antioxidants «Triovit» + quercetin is more effective in correction of acute hepatitis in comparison with «Triovit» + quercetin + α-lipoic acid.

Key words: acute hepatitis; alanine aminotransferase; aspartate aminotransferase; bilirubin; cholesterol; quercetin; «Triovit»; α-lipoic acid.

References

1. Bahlai O. M., Murska S. D., Hutyi B. V. (2011) «*Physiological – biochemical and biotechnological ways of animals productivity increasing*» [«Fizioloho – biokhimichni, biotekhnolohichni ta morfolohichni sposoby pidvyshchennia produktyvnosti tvaryn»], *Naukovyi visnyk LNUVMBT im. S. Z. Hzhytskoho*, 3, 4(50), pp 3-11.
2. Baraboi V. A. (2006) *Bio – antioxidants* [Byoantyoksydantu], Kiev, 462 p.
3. Boikiv D. P. (2006) *Clinical Biochemistry: a textbook for pharmaceutical high schools.* In editor: Skliarova O. Ia. [Klinichna biokhimiia: pidruchnyk dlia farmatsevtichnih VNZ], Kiev, Medicine, 432 p.

4. Vlizlo V. V., Prystupa O. I. (2011) «*Bile formation and bile secretion in rats with experimental acute liver damage*» [«Zhovchoutvorennia ta zhovchovydilennia u shchuriv pry hostromu eksperymentalnomu urazhenni pechinky»], *Biolohiia tvaryn,* 13, pp 305 – 308.
5. Halenova T. I., Raksha N. H, Savchuk O. M. (2016) «*Changes of biochemical profile in conditions of carbon tetrachloride induced liver damage in rats*» [«Zmina biokhimichnoho profiliu orhanizmu za umov tetrakhlormetan-indukovanoho urazhennia pechinky u shchuriv»], *Scientific journal «Science Rice: Biological Science»,* 2, pp 47 – 54.
6. Horiachkovskyi A. M. (2005) *Clinical Biochemistry in laboratory diagnostics* [Klynycheskaia byokhymyia v laboratornoi dyahnostyke], Odessa, Ecology, 616 p.
7. Dorkyna E. K., Serheeva E. O., Ohanesian E. T. (2007) «*Influence of bioflavonoids on the lipid peroxidation and liver antioxidant systems upon acute alcoholic intoxication in rats*» [«Vlyianye byoflavanoydov na perekysnoe okyslenye lypydov y antyoksydantnyie sistemyi pecheny kryis pry ostrom alkoholnom otravlenyy»], *Vestnyk Vol HMU,* 3 (23), pp 50 – 52.
8. Zhuravleva L. V., Kryvonosova E. M. (2014) «*Effect of combined therapy of alpha lipoic acid and benfotiamine on the course of non-alcoholic fatty liver disease*» [«Vlyianye sochetanoi terapyy alfa-lypoevoi kysloty y benfotyamyna na techenye nealkoholnoi zhyrovoi bolezny pecheny»], *Praktykuiuchyi likar*, 4, pp 42-47.
9. Karlovych T. Y., Ylchenko L. Iu. (2009) «*Alpha lipoic acid in hepatology*» [«Alfa-lypoevaia kyslota v hepatolohyy»], *Zdorovia Ukrainy*, pp 28-29.
10. Lavryshyn Yu. Yu., Varkholiak I. S., Martyshuk T. V. (2016) «*The biological significance of the antioxidant defense of animals body*» [«Biolohichne znachennia systemy antyoksydantnoho zakhystu orhanizmu tvaryn»], *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 18, 2 (66), pp 100-111.
11. Laletyn V. S., Kolesnychenko L. S. (2010) «*Lipoic acid as a potential prooxidant*» [«Lypoevaia kyslota kak potentsyalnyiy prooksydant»], *Sybyrskyi medytsynskyi zhurnal*, 1, pp 72-74.
12. Levytskyi A. P., Makarenko O. A., Khodakov Y. V. (2015) «*Methods of studying fats and oils: methodical recommendations.*» [Metodyi yssledovanyia zhyrov y masel: metodycheskye rekomendatsyy], Odessa, KP «OHT», 32 p.
13. Lykhatska H. V. (2006) *Structural and functional changes of liver and mineral density of bone tissue and their correction in patients with peptic ulcer disease* [Strukturno-funktsionalni zminy pechinky ta mineralnoi shchilnosti kistkovoi tkanyny ta yikh korektsiia u khvorykh na vyrazkovu khvorobu. avtoref. dis… kand. med. nauk], Ivano-Frankivsk, 19 p.
14. Luchak M. V. (2016) *Markers of early stages of hepatobiliary damage in children living in regions with a different nature of environmental pollution* [Markery rannikh stadii ushkodzhennia hepatobiliarnoi systemy u ditei, yaki prozhyvaiut v rehionakh z riznym kharakterom zabrudnennia dovkillia. dis… kand. med. nauk], Lviv, 176 p
15. Maidannyk V. H., Burlay V. G. (2012) *Propaedeutic pediatrics: a textbook for medical hight schools.* In editor: Maidannyk V. H. [Propedevtychna pediatriia: pidruchnyk dlia vyshchykh medychnykh navchalnykh zakladiv], Vinnytsia, Nova knyha, 880 p.
16. Prysiazhniuk V. P. (2013) «*Specifics of using quercetin in complex treatment of patients with non-viral liver cirrhosis*» [«Osoblyvosti vykorystannia kvertsetynu u kompleksnomu likuvanni khvorykh na tsyroz pechinky nevirusnoho pokhodzhennia»], *Visnyk naukovykh doslidzhen*, 2, pp 25-27.
17. Reznikov O. H., Polumbryk O. M., Balon Ya. H. (2014) «*Pro- and antioxidant systems and pathological processes in humans body*» [«Pro- ta antyoksydantna systemy i patolohichni protsesy v orhanizmi liudyny»], *Visnyk NAN Ukrainy*, 10, pp 19-29.
18. Usenko V. F., Zupanets I. A., Bezluha N. P. (2011) «*Investigation of portability and safety of new original medicine «Quertin»*» [«Doslidzhennia perenosymosti ta bezpeky novoho oryhinalnoho preparatu «Kvertyn»»], *Ukrainskyi medychnyi almanakh*, 14, 4, pp 208-209.
19. Ferents N. M. (2015) «*Violation of some parameters of pigment and lipid metabolism in experimental pneumonia in immobilization stress and their correction by corvitin*» [«Porushennia okremykh pokaznykiv pihmentnoho ta lipidnoho obminu pry eksperymentalnii pnevmonii za umov immobilizatsiinoho stresu i korektsiia yikh korvitynom»], *Medychna ta klinichna khimiia*, 17, 2, pp 60 – 62.
20. Chornenka N., Raietska Ya., Savchuk O. (2016) «*Biochemical changes in blood serum of rats with experimental burn disease and their correction melanin*» [«Biokhimichni zminy v syrovattsi krovi shchuriv za umov eksperymentalnoi opikovoi khvoroby ta yikh korektsiia melatoninom»], *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. T. Shevchenko,* 2(21), pp 44–48.
21. Stanković M. N., Mladenović D., Nincjvić M. (2014) «The effects of α-lipoic acid on liver oxidative stress and free fatty acid composition in methionine-choline deficient diet-induced NAFLD», Journal of Medicinal Food, 17(2), pp 254-261.

БОТАНІКА ТА ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 574.5(477.42) **doi 10.18524/2077-1746.2019.1(44).167878**

В. П. Герасимюк[1], к.б.н., доцент,
Н. В. Герасимюк[2], асистент
[1]Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра ботаніки, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: gerasimyuk2007@ukr.net
[2]Одеський національний медичний університет, кафедра фармакогнозії і технології ліків, вул. Ольгієвська, 4, Одеса, Україна,
e-mail: nataliyal.gv@gmail.com

ВИДОВИЙ СКЛАД МІКРОСКОПІЧНИХ ВОДОРОСТЕЙ СТАВКІВ ДЕНРОПАРКУ ІМЕНІ ПЕРЕМОГИ МІСТА ОДЕСА

Узагальнено результати досліджень (2011-2018 рр.) видового складу мікроскопічних водоростей 4 ставків дендропарку імені Перемоги м. Одеса. За оригінальним вивченням 70 альгопроб виявлено 99 видів водоростей, що належали до 56 родів, 33 родин, 22 порядків, 10 класів і 7 відділів. Серед таксономічного складу переважали представники відділів діатомових (45 видів), зелених (27) і синьозелених (16) водоростей. Відзначено 45 регіонально нових видів для ставків дендропарку імені Перемоги м. Одеси і 4 нові види (*Calothrix columbiana* G. S. West, *Chrysamoeba radians* G. A. Klebs, *Mallomonas spinulosa* W. Conrad і *Chlamydomonas platyrhyncha* Korschikov) для водойм Північно-Західного Причорномор'я. Встановлено біотопічну приуроченість виявленого складу водоростей та їх розподіл – 43 таксони належали до планктонних, 38 – до перифітонних і 18 – до бентосних організмів. За відношенням до галобності більша частина (85 видів) водоростей мала відношення до прісноводних, а менша (14) – до солонуватоводних форм. Виявлено 63 види-індикатори органічного забруднення води. За відношенням до сапробності води переважаючими групами були β-мезосапроби (32 види) і α-мезосапроби (12), інші групи – були малочисельні. Відзначена біогеографічна специфіка видового складу виявлених водоростей, що представлена космополітною (65 видів) і бореальною (33) групами.

Ключові слова: видовий склад; мікроводорості; ставки; дендропарк; м. Одеса.

Дендропарк імені Перемоги є парком-пам'яткою садово-паркового мистецтва в м. Одеса. Автор його – одеський ландшафтний архітектор М. Я. Середа. Парк був заснований в 1967 р і розташований в курортному районі Аркадія. Побудований за англійським типом, для якого характерні ставки з вільними обрисами берегів, композиції з колон та діброви. У ньому знаходяться дубові, соснові, березові, кленові і липові діброви, на деревах мешкають вивірки. Площа парку імені Перемоги зараз складає 48,8 га. За нашими розрахунками на території парку зростають понад 9000 екземплярів різних видів дерев (2 види дубів, 6 видів кленів, граб, ясен, кедр ліванський, тис ягідний, гінкго дволопатеве, метасеквоя, кельрейтерія та ін.). У парку існує система чотирьох штучних ставків, які з'єднані між собою. Загальна довжина ставків сягає 760 м, ширина

© В. П. Герасимюк, Н. В. Герасимюк, 2019

змінюється від 5 до 50 м, а глибина – від 0,5 до 2 м, загальна площа становить 2,5 га, а об'єм води в них – 31,2 тис. м^3 [3].

Ставки вже зариблені (короп, карась, товстолоб, щука), та заселені водноплавними птахами (білі лебеді, качки і чайки) і черепахами [3].

Водорості відіграють важливу роль у ставках. Вони утворюють первинну речовину, виділяють кисень, утилізують вуглекислий газ і очищують воду, є їжею для різноманітних тварин (інфузорій, черв'яків, ракоподібних, риб та ін.).

Вивченню водоростей ставків Північно-Західного Причорномор'я (ПЗП) надавалася недостатня увага з боку дослідників. Відомі лише три роботи, які присвячені водоростям ставків [3, 4, 9] міста Одеса. У першій роботі Герасимюка В. П., Герасимюк Н. В. [3] наводяться відомості щодо 54 видів мікрофітів з 4 відділів водоростей для водойм цього типу дендропарку «Перемога». Друга робота [4] цих же авторів була присвячена мікроскопічним водоростям ставків деяких парків культури та відпочинку м. Одеси (парк імені Перемоги, Дюковський і Савицький). Кількість видів водоростей в них збільшилася до 91 виду. В останній роботі [9] був наведений видовий склад водоростей ставків за межами міста (Пересипські, Корсунцовські, в околицях с. Северинівка, с. Іллїнка), розташованих на узбережжі Куяльницького лиману. У ній йдеться вже про 129 видів водоростей з 7 відділів.

Метою роботи є вивчення таксономічного складу мікроскопічних водоростей різних угруповань ставків дендропарку імені Перемоги м. Одеси.

Матеріали і методи дослідження

Матеріалами для досліджень слугували проби фітопланктону, мікрофітобентосу і перифітону, які були зібрані навесні, влітку і восени 2011-2018 р. на 4 станціях (по одній станції на кожній водоймі) ставків. Проби відбирали в товщі води, обростаннях штучних субстратів (бетонних споруд) і водоростей-макрофітів (*Cladophora glomerata* (L.) Kütz., *Rhizoclonium hieroglyphicum* (C. Agardh) Kütz., *Spirogyra sp., Ulothrix zonata* (Weber et Mohr) Kütz.). Планктонні проби збирали з поверхневого горизонту (0,5 м) за допомогою планктонної сітки, бентосні і перифітонні – мікробентометру, бакпечаток, ножа. Відбір і обробку проб здійснювали за загальновизнаними методиками [2]. Загалом було зібрано і опрацьовано 70 проб. Для згущення планктонних проб використовували метод відстоювання. Видовий склад водоростей вивчали за допомогою світлового мікроскопа XSP-104. Для визначення видового складу водоростей використовували літературні джерела [1, 5-8, 10] та ін.

Результати дослідження та їх обговорення

Внаслідок обробки 70 альгологічних проб виявлено 99 видів мікроскопічних водоростей, які належали до 56 родів, 33 родин, 22 порядків, 10 класів і 7 відділів (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Систематичний склад водоростей ставків,
їх екологічна характеристика і біогеографічне розповсюдження

Назва таксону	Екологічні характеристики				Біогеографія
	Місце-зростания	Галоб-ність	Алкалі-фільність	Сапро-бність	
1	2	3	4	5	6
Відділ CYANOPROKARYOTA Stanier et al. **Клас Cyanophyceae** Sachs **Порядок Synechococcales** L. Hoffm., Komárek et Kastovsky					
1.*Limnothrix guttulata* (Goor) Umezaki et Watanabe	об	гл	алк	-	б
*2.*Merismnopedia tranquilla* (Ehrenb.) Trevis.	пл	і	алк	-	к
Порядок Chroococcales Schaffner					
3.*Microcystis aeruginosa* Kütz. emend Elenk.	пл	гл	алк	β	к
4.*Arthrospira major* (Kütz. ex Gomont) W.B. Crow	об	гл	алк	β	б
*5.*Kamptonema formosum* (Bory ex Gomont) Strunecky, Komárek et Smarda	об	і	алк	α	к
*6.*Oscillatoria margaritifera* (Kütz.) Gomont	об	м	алк	-	к
*7.*O. tenuis C.* Agardh ex Gomont	об	гл	алк	α	к
8.*Phormidium breve (*Kütz. ex Gomont) Anagn. et Komárek	об	м	алк	α	к
*9.*Ph. chalybeum* (Mertens ex Gomont) Anagn. et Komárek	об	м	алк	α	б
*10.*Ph. simplicissimum* (Gomont) Anagn. et Komákek	об	і	алк	α	б
Порядок Nostocales (Borzi) Geitler					
*11.*Calothrix braunii* Bornet et Flahault	об	і	алк	-	к
12.*C. brevissima* G.S. West	об	і	алк	-	к
**13.*C. columbiana* G.S. West	об	і	алк	-	б
14.*C. elenkii* Kossinsk.	об	і	алк	-	к
15.*C. fusca* (Kütz.) Bornet et Flahault	об	м	алк	-	к
16.*C. kossinskajae* V.I. Poljansky	об	і	алк	-	б

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
Відділ EUGLENOPHYTA Caval.-Sm. **Клас Euglenophyceae** Schoenichen **Порядок Euglenales** Bütschii					
*17. *Euglena pavlovskoensis* (V.I. Poljansky) T.G. Popova	бен	і	алк	β-α	б
Відділ DINOPHYTA Round **Клас Dinophyceae** Pascher **Порядок Gymnodiniales** Apstein					
*18. *Heterocapsa triquetra* (Ehrenb.) F. Stein	пл	м	алк	-	б
Відділ CHRYSOPHYTA Pascher **Клас Synurophyceae** R.A. Andersen **Порядок Chromulinales** Pascher					
**19. *Chrysamoeba radians* G.A. Klebs	пл	гл	алк	о-β	к
Порядок Synurales R.A. Andersen					
**20.*Mallomonas spinulosa* W. Conrad	пл	і	алк	-	б
Відділ BACILLARIOPHYTA Karsten **Клас Coscinodiscophyceae** Round et R.M. Crawford emend. Medlin et Kaczmarska **Порядок Melosirales** Glezer					
21. *Melosira varians* C. Agardh	пл	і	алк	β	к
Клас Mediophyceae (Joese et Proshk.-Lavr.) Medlin et Kaczmarska **Порядок Thalassiosirales** Glezer et I.V. Makarova					
*22.*Thalassiosira weisslogii* (Grunow) Fryxell et Hasle	пл	гл	алк	-	б
Порядок Stephanodiscales Nikolaev et Harwood					
23. *Cyclotella meneghiniana* Kütz.	пл	гл	алк	α	к
Клас Bacillariophyceae Haeckel emend. Medlin **Порядок Fragilariales** P.C. Silva					
*24. *Diatoma hyemalis* (Roth) Heib.	об	і	і	х	а
25. *D. vulgare* Bory	об	гл	і	β	к

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
26. *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) D.M. Williams ex Round	об	гл	алк	х-о	к
27. *Staurosira construens* Ehrenb.	об	м	і	β	к
28. *Tabularia tabulata* (C. Agardh) Snoeijs	об	м	і	α	к
29. *Ulnaria acus* (Kütz.) M. Aboal	об	і	алк	β	к
30. *U. ulna* (Nitzsch) Ehrenb.	об	і	алк	β	к
Порядок Cymbellales D.G. Mann					
31. *Cymbella helvetica* Kütz.	об	і	алк	о	к
32.*C. lanceolata* (C. Agardh) C. Agardh.	об	м	алк	β	к
*33.*C. leptoceros* (Ehrenb.) Kütz.	об	і	алк	о	к
34.*C. neocistula* Krammer	об	і	алк	β	б
35.*C. tumida* (Breb.) Van Heurck	об	і	алк	β	б
36.*Encyonema elginense* (Krammer) D.G. Mann	об	і	алк	-	к
37.*E. leiblenii* (C. Agardh) Silva, Jahn, Ludwig, Menezes	об	і	алк	β	к
38.*E. silesianum* (Bleisch) D.G. Mann	об	і	алк	β	к
39.*Gomphonema parvulum* Kütz.	об	гл	і	β	б
*40.*G. truncatum* Ehrenb.	об	і	алк	β	б
41.*Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bert.	об	гл	алк	β	к
Порядок Achnanthales P.S. Silva					
*42.*Achnanthes gibberula* Grunow	об	і	алк	-	б
43.*Achnanthidium minutissima* (Kütz.) Czarn.	об	і	алк	о	к
44.*Cocconeis pediculus* Ehrenb.	об	гл	алк	β	к
45.*C. placentula* Ehrenb.	об	і	алк	о	к
*46.*Planothidium delicatulum* (Kütz.) Round et Bukht.	об	гл	алк	β	к
Порядок Naviculales Bessey					
47.*Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve	бен	гл	алк	β-α	б

ISSN 2077-1746. Вісник ОНУ. Біологія. 2019. Т. 24, вип. 1(44)

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
48.*Craticula cuspidata* (Kütz.) D.G. Mann	бен	і	алк	β-α	б
49.*Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh.	бен	і	алк	β	к
50.*Navicula cryptocephala* Kütz.	бен	гл	алк	α	к
51.*N. radiosa* Kütz.	бен	гл	і	о-β	к
52.*N. salinarum* Grunow	бен	м	і	α	к
Порядок Thalassiophysales D.G. Mann					
53.*Amphora ovalis* Kütz.	бен	і	алк	β	к
*54.*Halamphora veneta* (Kütz.) Levkov	бен	і	і	β	к
Порядок Bacillariales Hendey					
55.*Bacillaria paxillifera* (O. Müll.) Hendey	бен	м	алк	β	к
*56.*Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm.	пл	і	алк	α	к
57.*N. amphibia* Grunow	бен	і	алк	β	б
*58.*N. gracilis* Hantzsch	бен	і	алк	β	к
*59.*N. microcephala* Grunow	бен	і	алк	β	б
*60.*N. scalpelliformis* (Grunow) Grunow	бен	м	і	-	б
61.*N. sigma* (Kütz.) W. Sm.	бен	м	алк	о	к
*62.*N. vermicularis* (Kütz.) Hantzsch	бен	і	алк	β	к
63.*Tryblionella apiculata* W. Greg.	бен	м	алк	α	б
64.*T. hungarica* (Grunow) D.G. Mann	бен	м	алк	α	к
Порядок Rhopaloidales D.G. Mann					
*65.*Rhopalodia gibba* (Ehrenb.) O. Müll.	об	і	алк	о	б
Відділ CHLOROPHYTA Reichenbach **Клас Trebouxiophyceae** Friedl **Порядок Chlorellales** H.C. Bold et Wynne					
*66.*Actinastrum hantzschii* Lagerh.	пл	і	алк	-	к
67.*Golenkiniopsis longispina* (Korschikov) Korschikov	пл	і	алк	-	б

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
Клас Chlorophyceae T.A. Chr. **Порядок Chlamydomonadales** F.E. Fritsch					
**68.*Chlamydomonas platyrhyncha* Korschikov	пл	і	алк	-	б
69.*Chlorococcum infusionum* (Schrank) Menegh.	пл	і	алк	п	к
*70.*Hydrianum crassiapex* Korschikov	пл	і	алк	-	б
*71.*Sphaerocystis planctonica* (Korschikov) Bourr.	пл	і	алк	-	б
Порядок Sphaeropleales Kütz. emend M.A. Buchheim et al.					
*72.*Acutodesmus acutiformis* (Schröder) P. Tsarenko et D.M. John	пл	і	алк	β	к
*73.*A. dimorphus* (Turpin) P. Tsarenko	пл	і	алк	о-β	к
*74.*A. pectinatus* (Meyen) P. Tsarenko	пл	гл	алк	о-β	б
*75.*Coelastrum microporum* Nägeli	пл	і	алк	о-β	к
76.*Desmodesmus armatus* (Chodat) E. Hegew.	пл	гл	алк	-	к
*77.*D. bicaudatus* (Deduss.) P. Tsarenko	пл	і	алк	-	б
*78.*D. brasiliensis* (Bohlin) E. Hegew.	пл	і	алк	-	к
79.*D. communis* (E. Hegew.) E. Hegew.	пл	і	алк	β	к
*80.*D. lefevrei* (Deflandre) An, Fridl et E. Hegew.	пл	і	алк	-	б
81.*D. opoliensis* (P. Richter) E. Hegew.	пл	і	алк	β	к
*82.*D. spinosus* (Chodat) E. Hegew.	пл	і	алк	-	к
*83.*Hyaloraphidium contortum* Pascher et Korschikov	пл	і	і	-	б
*84.*Monoraphidium arcuatum* (Korschikov) Hindak	пл	і	алк	-	к
*85.*M. minutum* (Nägeli) Komark.-Legn.	пл	і	алк	-	к
86.*Pediastrum duplex* Meyen	пл	і	алк	β	к
87.*Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegew.	пл	і	алк	β	к
*88.*Scenedesmus ellipticus* Corda	пл	і	алк	о-β	б

ISSN 2077-1746. Вісник ОНУ. Біологія. 2019. Т. 24, вип. 1(44)

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6
*89.*S. obtusus* Meyen	пл	гл	алк	-	к
*90.*S. verrucosus* Y.V. Roll	пл	і	алк	β	к
91.*Selenastrum gracile* Reinsch	пл	і	алк	β	к
92.*Tetraedron minimum* (A. Braun) Hansg.	пл	і	алк	β	к
Відділ CHAROPHYTA Migula **Клас Zygnematophyceae** Engler **Порядок Desmidiales** Bessey					
*93.*Cosmarium bioculatum* Bréb. ex Ralfs	пл	і	алк	-	к
94.*C. clepsydra* Nordst.	пл	і	алк	-	к
95.*C. constrictum* Delponte	пл	і	алк	-	б
*96.*C. subtumidum* Nordst.	пл	і	алк	-	к
*97.*Staurastrum chaetoceros* (Schröder) G.M. Sm.	пл	і	алк	-	к
98.*S. inflexum* Bréb.	пл	і	алк	-	б
99.*S. oxyacanthum* W. Archer	пл	і	ац	-	к

Умовні позначки: пл – планктонний; об – обростания; бен – бентос; пг- полігалоб; м – мезогалоб; гл – галофіл; і – індиферент; алк – алкаліфіл; ац – ацидофіл; п – полісапроб; β – бетамезосапроб; α – альфамезосапроб; о – олігосапроб; а – арктичний; б – бореальний; k – космополіт; * – нові види водоростей для ставків; ** – нові мікрофітів для ПЗП

Найбільш різноманітними за кількістю видів у ставках були діатомові (45 таксонів), зелені (27) і синьозелені (16) водорості. Значно менш численними виявилися харові (7), золотисті (2), евгленові (1) і дінофітові (1) мікрофіти. Роди *Desmodesmus* (F. Chodat) An, Friedl et E. Hegew. (7 видів), *Nitzschia* Hassall (7), *Calothrix* C. Agardh ex Bornet et Flahault (6), *Cymbella* C. Agardh (5), *Cosmarium* Corda et Ralfs (4), *Navicula* Bory (3) і *Phormidium* Kütz. ex Gomont внесли істотний внесок до видового різноманіття ставків. З них 45 видів виявилися регіонально новими для ставків дендропарку, а 4 види – є новими для водойм ПЗП. До них належать *Calothrix columbiana* G. S. West, *Chrysamoeba radians* G. A. Klebs, *Mallomonas spinulosa* W. Conrad і *Chlamydomonas platyrhyncha* Korschikov (табл. 1).

Таблиця 2

Таксономічний склад водоростей ставків дендропарку імені Перемоги

Відділи	**Кількість**				
	класів	**Порядків**	**родин**	**родів**	**видів**
Cyanoprokaryota	1	4	6	8	16
Euglenophyta	1	1	1	1	1
Chrysophyta	1	2	2	2	2
Dinophyta	1	1	1	1	1
Bacillariophyta	3	10	14	26	45
Chlorophyta	2	3	8	16	27
Charophyta	1	1	1	2	7
Усього	10	22	33	56	99

З присутніх водоростей багатоклітинні форми склали 14, одноклітинні становили 33 і колоніальні нараховували 52 види. До складу багатоклітинних належали синьозелені, одноклітинних – евгленові, дінофітові, золотисті, діатомові і харові, колоніальних – синьозелені, діатомові і зелені водорості. Серед них рухомі організми представлені 30, а нерухомі – 69 таксонами. Можливість руху притаманна для деяких синьозелених, евгленових, дінофітових, золотистих і діатомових, нерухливість рухатися властива для синьозелених, діатомових, зелених і десмідієвих водоростей.

За формою тіла організмів переважали кокоїдні форми (78 видів), нитчасті склали 14, монадні – 4, пальмелоїдні – 2 і амебоїдні – 1 вид. До кокоїдних належали діатомові, зелені і десмідієві водорості. Нитчастий тип морфологічної диференціації форми тіла був представлений переважно синьозеленими, монадний – евгленовими, дінофітовими і золотистими, пальмелоїдний – синьозеленими і амебоїдний – золотистими водоростями.

Щодо відношення до галобності води домінували прісноводні організми (85 видів). З них індиференти нараховували 66 (67 %), галофіли – 19 видів (19 %). Солонуватоводні (мезогалоби) водорості становили лише 14 видів (14 %).

У відповідності до pH води переважали алкаліфіли (88 таксонів). На долю індиферентів припадало 10, ацидофілів тільки 1 вид.

Із виявлених видів 61 вид водоростей були індикаторами сапробності води. Найбільшу групу за відношенням до сапробності води склали мезосапроби (47видів), серед яких β-мезосапроби нараховували 32, α-мезосапроби – 12, β-α-мезосапроби – 3 види. Інші групи об'єднували 14 видів (о-β-мезосапроби – 6, олігосапроби – 5, ксеносапроби – 1, ксено-олігосапроби – 1, полісапроби – 1).

З погляду біогеографічної характеристики водоростей – переважали космополіти (65 видів). Бореальні організми склали 33, а серед арктичних виявлено лише 1 вид.

Переважна більшість (43 види) виявлених водоростей траплялися в планктоні. Найвагоміший внесок до цього угруповання внесли зелені (27 таксонів), харові (7), діатомові (4), золотисті (2), синьозелені (2) і динофітові (1). У фітоплактоні ставків траплялися *Cyclotella meneghiniana*, *Melosira varians, Desmodesmus opoliensis, Pediastrum duplex, Tetraedron minimum, Selenastrum gracile.*

В обростаннях різних субстратів виявлено 38 видів. До їх складу належали переважно діатомові (24 види) і синьозелені (14). В обростаннях макрофітів були знайдені *Achnanthidium minutissima, Diatoma vulgare, Cocconeis placentula, Staurosira construens, Tabularia tabulata, Ulnaria acus, U. ulna.* Бетонні споруди обростали *Limnothrix guttulata, Calothrix brevissima, C. columbiana, Tabularia tabulata, Diatoma vulgare, Rhoicosphenia abbreviata, Ulnaria ulna*.

На дні ставків зареєстровано 18 видів. Вони були представлені діатомовими (17 таксонів) і евгленовими (1) водоростями. На поверхні мулистих грунтів зростали *Euglena pavlovskoensis, Cymbella neocistula, Nitzschia sigma, Caloneis amphisbaena, Navicula cryptocephala, Tryblionella hungarica, Bacillaria paxillifera, Encyonema leiblenii* та ін.

Отже, видовий склад водоростей ставків дендропарку "Перемога" склав 99 видів із 7 відділів. Характерною рисою альгофлори ставків є домінування діатомових водоростей (45,5%). Серед видового складу виявлено 45 нових регіональних видів і 4 нові види для водойм Північно-Західного Причорномор'я. Альгофлора ставків представлена одноклітинними (33,3%), колоніальними (52,5%) і багатоклітинними (14,1%) організмами. Найбільший внесок у видове різноманіття вносять планктонні форми (43,4%). Видовий склад мікроскопічних водоростей ставків дендропарку "Перемога" за мінералізацією води є прісноводним, pH середовища – алкаліфільним і сапробністю води – мезосапробним. Альгофлора ставків представлена космополітною і бореальною групами.

Висновки

1. Видовий склад альгофлори ставків дендропарку імені Перемоги нараховує 99 видів мікроскопічних водоростей, що належать до 56 родів, 33 родин, 22 порядків, 10 класів і 7 відділів. Встановлено, що серед них переважають представники діатомових (45 видів), зелених (27) і синьо-зелених (16) водоростей.
2. Вперше наведено 45 регіонально нових видів для акваторії цих ставків і 4 нові види мікрофітів (*Calothrix columbiana*, *Chrysamoeba radians*, *Mallomonas spinulosa* і *Chlamydomonas platyrhyncha*) для водойм Північно-Західного Причорномор'я.
3. Альгофлора ставків дендропарку є прісноводною, алкаліфільною та мезосапробною. За біогеографічною характеристикою видового складу водоростей – переважають види космополітної і бореальної групи.

Стаття надійшла до редакції 22.12.2018

Список використаної літератури

1. Визначник прісноводних водоростей України. – К.: Вид-во АН України, 1938-1993. – Т. 1-12.
2. Водоросли. Справочник / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. Л. Масюк и др. – К.: Наук. думка, 1989. – 608 с.
3. Герасимюк В. П. Водоросли пруда дендропарка имени Победы города Одессы (Украина) / В. П. Герасимюк, Н. В. Герасимюк // Тез. докл. IV междунар. конф. "Актуальные проблемы современной альгологии". – Киев, 2012. – С. 72-73.
4. Герасимюк В. П. Водоросли прудов некоторых парков города Одесса / В. П. Герасимюк, Н. В. Герасимюк // Тез. доп. V відкритого з'їзду фітобіологів Причорномор'я. – Херсон, 2013. – С. 15.
5. Гусляков Н. Е. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов / Н. Е. Гусляков, О. А. Закордонец, В. П. Герасимюк. – К.: Наук. думка, 1992. – 252 с.
6. Кондратьєва Н. В. Клас гормогонієві – *Hormogoniophyceae* / Н. В. Кондратьєва. – К.: Наук. думка, 1968. – 523 с.
7. Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей УССР / П. М. Царенко. – К.: Наук. думка, 1990. – 208 с.
8. Gerasimyuk V. P. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 2.Bacillariophyta / V. P. Gerasimiuk, O. V. Gerasymova, M. O. Struk, G. V. Terenko, O. P. Tsarenko, P. M. Tsarenko, S. P. Wasser / Eds. P. M. Tsarenko, S. Wasser, E. Nevo. – Rugell: A.R.G. Gantner Verlag, 2009. – 413 p.
9. Gerasimiuk V. P. Algae of Ponds of the Kuyalnik Estuary Coast (North-Western Black Sea, Ukraine) / V. P. Gerasimiuk, G. N. Shikhaleyeva, A. A. Ennan, P. M. Tsarenko, A. N. Kiryushkina // Inter. J. Alg. – 2018. – Vol. 20, № 4. – P. 393-408.
10. Krammer K. *Bacillariophyceae* / K. Krammer, H. Lange-Bertalot // Susswasserflora von Mitteleuropa. – Bd. 2/4. – Stuttgard; New York: G. Fischer Verlag, 1986-2001.

В. П. Герасимюк[1], Н. В. Герасимюк[2]
[1]Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра ботаники,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина, e-mail: gerasimyuk2007@ukr.net
[2]Одесский национальный медицинский университет, кафедра фармакогнозии
и технологии лекарств, ул. Ольгиевская, 4, Одесса, Украина,
e-mail: nataliyal.gv@gmail.com

ВИДОВОЙ СОСТАВ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ ПРУДОВ ДЕНДРОПАРКА ИМЕНИ ПОБЕДЫ ГОРОДА ОДЕССЫ

Резюме
Приведены обобщенные результаты исследований (2011-2018 гг.) видового состава микроскопических водорослей 4 прудов дендропарка имени Победы г. Одессы.
Целью работы было установление таксономического состава микрофитов прудов.
В результате обработки 70 проб выявлено 99 видов водорослей, которые принадлежали к 56 родам, 33 семействам, 22 порядкам, 10 классам и 7 отделам. В отношении таксономического состава преобладали представители отделов диатомовых (45 видов), зеленых (27) и синезеленых (16) водорослей. Роды *Desmodesmus* (F. Chodat) An, Friedl et E. Hegew. (7 видов), *Nitzschia* Hassall (7), *Calothrix* C. Agardh ex Bornet et Flahault (6), *Cymbella* C. Agardh (5), *Cosmarium* Corda et Ralfs (4), *Navicula* Bory (3) і *Phormidium* Kütz. ex Gomont (3) внесли существенный вклад в систематическое разнообразие альгофлоры прудов. Среди водорослей отмечено 45 регионально новых видов для прудов дендропарка имени Победы г. Одессы и 4 новых вида (*Calothrix columbiana* G. S. West, *Chrysamoeba radians* G. A. Klebs, *Mallomonas spinulosa* W. Conrad і *Chlamydomonas platyrhyncha* Korschikov) для водоемов Северо-Западного Причерноморья. Из обнаруженных водорослей 43 таксона принадлежали к планктонным, 38 – к перифитонным и 18 – к бентосным организмам. Альгофлора прудов дендропарка была пресноводной, алкалифильной и мезосапробной. В соответствии с галобностью воды большая часть (85 видов) водорослей имела отношение к пресноводным, а меньшая (14) – к солоноватоводным формам. В соответствии с отношением микрофитов к pH воды доминировали алкалифилы (88 видов), индифференты были представлены 10, а ацидофилы только 1 видом. Выявлено 63 видов-индикаторов к органическому загрязнению воды. В соответствии с отношением к сапробности воды преобладающими группами были β-мезосапробы (32 вида) и α-мезосапробы (12), другие группы были немногочисленными. С точки зрения биогеогафического распространения видов водорослей альгофлора была представлена космополитной (65 видов) и бореальной (33) группами.

Ключевые слова: видовой состав; микроводоросли; пруды; дендропарк; г. Одесса.

V. P. Gerasimiuk[1], N. V. Gerasimiuk[2]
[1]Odesa Mechnykov National University, Department of Botany,
2, Dvoryanska str., 65082, Odesa, Ukraine, e-mail: gerasimyuk2007@ukr.net
[2]Odesa National Medical University, Department of Pharmacognosy and Technologies of medications, 4, Olgievska str., Odesa, Ukraine,
e-mail: nataliyal.gv@gmail.com

SPECIES COMPOSITION OF MICROSCOPIC ALGAE OF THE PONDS OF DENDROPARK NAMED AFTER THE VICTORY IN THE CITY OF ODESA

Abstract
Introduction. The generalized results of researches (2011-2018 years) of species composition of microscopic algae of 4 ponds of dendropark named after the Victory in Odessa are given.
The **aim** of the work was to establish taxonomic composition of the microphytes of the ponds.
Results and conclusion. As a result of processing 70 samples revealed 99 species of algae, which belonged to 56 genera, 33 families, 22 orders, 10 classes and 7 divisions. Representatives of diatoms (45 species), green (27) and blue-green (16) algae dominated the taxonomic composition. Genera *Desmodesmus* (F. Chodat) An, Friedl et E. Hegew. (7 species), *Nitzschia* Hassall (7), *Calothrix* C. Agardh ex Bornet et Flahault (6), *Cymbella* C. Agardh (5), *Cosmarium* Corda et Ralfs (4*), Navicula* Bory (3) and *Phormidium* Kütz. ex Gomont (3) have made a significant contribution to the systematic diversity of the flora of the ponds. Among the algae 45 regional new species for the ponds dendropark named after the Victory in Odessa and 4 new species (*Calothrix columbiana* G. S. West, *Chrysamoeba radians* G. A. Klebs, *Mallomonas spinulosa* W. Conrad and *Chlamydomonas platyrhyncha* Korschikov) for water bodies of the North-Western Black Sea Coast were detected. From the found algae 43 taxa belonged to plankton, 38 – to periphyton and 18 – to benthic organisms. The algoflora of the dendropark ponds was freshwater, alkaliphilic and mesosaprobic. As to salinity the major part (85 species) of algae was related to freshwater, and the smaller part (14) – to brackish forms. As to the ratio of microphytes to the pH of water alkaliphiles (88 species) dominated, the indifferents were presented by 10, and acidophiles only by 1 species. 63 species indicators of organic water contamination were identified. As to water saprobity β-mesosaprobies (32 species) and α-mesosaprobies (12) were the dominating groups, the other groups were few. As to biogeographical distribution algoflora was represented by cosmopolitan (65 species) and boreal (33) groups.

Key words: species composition; microalgae; ponds; dendropark; city Odesa.

References

1. ”The key to freshwater algae of Ukraine” (1938-1993) [“Vysznachnik prisnovodnikh vodorostei Ukrainy], Kiev, Vol. 1-12.
2. Vodorosli: Spravochnik (1989) [Algae: Reference Book]. Eds. S.P. Wasser et al. Kiev: Nauk. Dumka Press, 608 p.

3. Gerasimiuk V. P., Gerasimiuk N. V. (2012) "*Algae of pond arboretum named after the Victory of the city of Odessa (Ukraine)*" ["Vodorosli pruda dendroparka imeni Pobedy goroda Odessy (Ukraina)"], Tez. dokl. IV mezhdunar. konf. "Actualnye problemy sovremenoy algologii", Kiev, pp. 72-73.
4. Gerasimiuk V. P., Gerasimiuk N. V. (2013) "*Algae ponds of some parks of the city of Odessa*" ["Vodorosli prudov nekotoryh parkov goroda Odessy"], Tezy dop. V vidkrytogo zizdu phitobiologiv Prichornomoriya, Herson, p. 15.
5. Guslyakov N. E., Zakordonets O. A., Gerasimiuk V. P. (1992) "Atlas of diatom algae of benthos of the North-Western Black Sea and adjacent waters" ["Atlas diatomovyh vodoroslei bentosa severo-zapadnoi chasti Chernogo morya i prilegayuschih vodoemov"], Kiev, Nauk. Dumka, 252 p.
6. Kondrateva N. V. (1968) Class gormogonievye – Hormogoniophyceae [Klas gormogonievye- Hormogoniophyceae], Kiev, Nauk. dumka, 523 p.
7. Tsarenko P. M. (1990) "Concise guide to Chlorococcales algae of the Ukranian SSR" ["Kratriy opredelitel hlorokokovyh vodorosley Ukrainskoy SSR"], Kiev, Nauk. dumka, 208 p.
8. Gerasimiuk V. P., Gerasymova O. V., Struk O. M., Terenko G. V., Tsarenko O. P., Tsarenko P. M., Wasser S. P. (2009) "Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography". Vol. 2, Rugell: A. R. G. Gantner Verlag, pp. 1-413.
9. Gerasimiuk V. P., Shikhaleyeva G. N., Ennan A. A., Tsarenko P. M., Kiryushkina A. N. (2018) "Algae of Ponds of the Kuyalnik Estuary Coast (North-Western Black Sea, Ukraine)", Inter. J. Alg., Vol. 20 (4), pp. 393-408.
10. Krammer K., Lange-Bertalot H. (1986-1991) Bacillariophyceae. Subwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/1-4.

ГЕНЕТИКА ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ

УДК 577.2:633.1 **doi 10.18524/2077-1746.2019.1(44).168799**

А. О. Бакума[1], аспірант
Ю. О. Лавриненко[1], к.б.н., доцент
Г. О. Чеботар[2], д.с-г.н., професор
С. В. Чеботар[1,3], д.б.н., с.н.с
[1] Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра генетики та молекулярної біології, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна
[2] Інститут зрошуваного землеробства НААН України, сел. Наддніпрянське, Херсон, 73483, Україна
[3] Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН України, вул. Овідіопольська дорога, 3, Одеса, 65036, Україна, e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua

АЛЕЛЬНИЙ СТАН ГЕНІВ СИСТЕМ *PPD-1* ТА *VRN-1* У СОРТІВ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ ІНСТИТУТУ ЗРОШУВАНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН УКРАЇНИ

За допомогою ПЛР аналізу було визначено алельний стан генів систем *Ppd-1* та *Vrn-1* у 13 сортів озимої м'якої пшениці Інституту зрошуваного землеробства НААН України та проведено співставлення даних молекулярно-генетичного аналізу з даними польового досліду щодо строків колосіння та цвітіння. У досліджених сортів не визначено поліморфізму за системами генів *Ppd-1* та *Vrn-1*. У всіх сортів детектовано генотип *Ppd-D1a, Ppd-A1b, Ppd-B1b*. Поєднання мутацій, виявлених в нуклеотидній послідовності гена *Ppd-D1*, відповідає гаплотипу VII. Також у сортів не виявлено збільшення копій гена *Ppd-B1* (CNV). За системою *Vrn-1* сорти мають рецесивний генотип за трьома локусами. Не визначено достовірної різниці між сортами за строками колосіння та цвітіння, усі сорти мають слабку фотоперіодичну чутливість.

Ключові слова: озима м'яка пшениця; ПЛР-аналіз; *Ppd-1*; *Vrn-1*; CNV; чутливість до фотоперіоду; яровизаційна потреба

Серед занесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні, сорти пшениці м'якої озимої, які створені в Інституті зрошуваного землеробства НААН (ІЗЗ) є найкраще адаптованими до умов зрошення та вважаються універсальними для різних екологічних зон. Універсальність сортів базується на здатності формувати високу врожайність при інтенсивних технологіях вирощування на зрошенні та на середніх і низьких агрофонах в неполивних умовах; поєднанні високих рівнів продуктивного і адаптивного потенціалів та екологічній пластичності [9]. Тому пріоритетним напрямом подальшої роботи селекціонерів ІЗЗ повинне бути підвищення адаптивного потенціалу генотипів без зниження досягнутого високого рівня продуктивності [9].

© А. О. Бакума, Ю. О. Лавриненко, Г. О. Чеботар, С. В. Чеботар, 2019

Час колосіння є одним з ключових компонентів адаптації рослин пшениці (*Triticum aestivum* L.) до умов навколишнього середовища і, отже, впливає на потенціал сорту. Таким чином, для вирощування сортів пшениці в різних кліматичних умовах важливим є розуміння принципів генетичного контролю цієї ознаки.

Ключовими генетичними системами, що визначають час виколошування у пшениці, є система генів *Ppd-1*, що зумовлює реакцію рослин пшениці на фотоперіод, та гени *Vrn-1*, які контролюють реакцію на яровизаційні температури [35].

За силою впливу на чутливість до фотоперіоду гени *Ppd-1*, які розташовані на хромосомах 2A, 2B та 2D, знаходяться в порядку: *Ppd-D1*> *Ppd-B1*> *Ppd-A1* [34]. За даними Worland et al. [34] в окремих випадках ефект алеля *Ppd-B1* можна зіставити з *Ppd-D1*, в той же час за даними Langer et al. [23] варіація за кількістю копій (copy number variation, CNV) за геном *Ppd-B1* пояснює лише 3,2 % генотипової дисперсії за часом цвітіння, на відміну від гена *Ppd-D1* (58 %).

Нейтральна реакція на зміну тривалості світлового дня у рослин з домінантними алелями генів *Ppd-1* може бути пов'язана з поліморфізмами специфічних послідовностей або зі збільшенням числа копій генів. В промоторних областях генів *Ppd-D1* та *Ppd-A1* виявлені делеції. Так, делеція 2089 п.н. призводить до появи алелю *Ppd-D1a*, а делеції в локусі *Ppd-A1*: 1085 п.н. – до прояву алеля *Ppd-A1a.1*, 1027 п.н. – *Ppd-A1a.2*, 1117 п.н. – *Ppd-A1a.3*, 684 п.н. – *Ppd-A1a.4*, відповідно [14, 33, 28, 27]. На думку Díaz et al. [16], зниження чутливості до фотоперіоду, характерне для рослин – носіїв домінантного алеля *Ppd-B1*, викликано збільшенням числа копій (CNV) гена *Ppd-B1*. Такий стан локусу *Ppd-B1* позначається як алель *Ppd-B1a*. Відомо про наявність трьох типів *Ppd-B1a* алелю: двохкопійний, характерний для сорту Récital, трьохкопійний, характерний для сорту Sonora64 та чотирьохкопійний, характерний для сорту Chinese Spring. Nishida зі співавторами [28] знайшли інсерцію 308 п.н. в області промотора озимого сорту Winter-Abukumawase. При цьому цей сорт мав тільки одну копію *Ppd-B1* та проявив знижену чутливість до фотоперіоду, що свідчило про те, що на нечутливість до фотоперіоду впливає саме мутація в промоторному регіоні *Ppd-B1*.

Крім того, додатково було виявлені мутації в нуклеотидній послідовності гена *Ppd-D1*: вставка транспозона типу MLTE (mariner-like transposable element) в інтроні 1, делеція 5 п.н. в сьомому екзоні, яка створює зсув рамки зчитування і призводить до синтезу нефункціонального білка, делеція 16 п. н. у восьмому екзоні, яка викликає заміщення останньої амінокислоти CCT домену з гліцину на лейцин [14]. Внаслідок поєднання цих поліморфізмів у послідовності гена *Ppd-D1* було виділено десять функціонально відмінних гаплотипів, які контролюють різний рівень експресії гена і по-різному впливають на тривалість періоду «сходи-колосіння» [15, 19, 38].

Гени серії *Vrn-1*, які визначають наявність потреби в яровизації для переходу до генеративного розвитку, складаються з трьох ортологічних аналогів *Vrn-A1*, *Vrn-B1* і *Vrn-D1*, розташованих на хромосомах 5A, 5B і 5D відповідно [17, 18, 24, 30]. Ці локуси кодують фактор транскрипції MADS-box, який контролює перехід апікальної меристеми вегетативного пагону в репродуктивну фазу. У рослин пшениці, які потребують яровизації, *Vrn-1* експресується на низьких рівнях і індукується яровизацією, причому рівень експресії залежить від тривалості впливу холоду [31]. Вважається [8], що сорти озимої пшениці є носіями тільки рецесивних алелів всіх трьох генів *vrn-1*, але згідно з дослідженням Kiss et al. [22], домінантні алелі були визначені у 7 % з 683 сортів озимої пшениці з різних континентів світу. При цьому присутність тільки одного домінантного алеля гену *Vrn-A1* забезпечує повну нечутливість рослини до яровизації, а домінантні алелі генів *Vrn-B1* и *Vrn-D1* лише частково знижують потребу в ній [6, 30].

Метою роботи було визначення алельного стану генів системи *Ppd-1* та *Vrn-1* у сортів озимої м'якої пшениці Інституту зрошуваного землеробства НААН та співставлення даних молекулярно-генетичного аналізу з даними польового досліду щодо строків колосіння та цвітіння.

Матеріали та методи досліджень

Як матеріал для досліджень використовували сорти Інституту зрошуваного землеробства НААН: Анатолія (2015), Благо (2011), Бургунка (2015), Конка (2014), Кохана (2009), Кошова (на сортовипробуваннях), Ледя (2016), Марія (2013), Овідій (2009), Росинка (2007), Соборна (на сортовипробуваннях), Херсонська безоста (2002), Херсонська 99 (2005).

ДНК виділяли з етиольованих паростків пшениці згідно з рекомендованою методикою [14, 17]. Алель-специфічну та гніздову ПЛР проводили на ампліфікаторі FlexCycler (AnalytikJena, Німеччина) за рекомендаціями розробників молекулярних маркерів (табл. 1) [14, 16, 18, 19, 28]. Продукти ампліфікації ДНК, що отримані у ПЛР з вказаними праймерами, фракціонували методом електрофорезу в 1 % агарозному гелі та в 7 % поліакриламідному гелі, відповідно [13].

Дати колосіння та цвітіння досліджуваних сортів відмічали в ході проведення польових спостережень на базі ІЗЗ впродовж 2016–2018 років. Фенологічні спостереження проводились у розсаднику екологічного випробування з використанням штучного зрошення. Поливи проводились з використанням дощувальної установки ДДА 100МА. Рівень передполивної вологості ґрунту становив 75 % НВ у шарі 50 см. Дослідні ділянки розташовувались на Інгулецькому зрошувальному масиві [4]. Статистичне опрацювання даних проводили за допомогою програмного забезпечення Statistica 10 методом однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA).

Таблиця 1

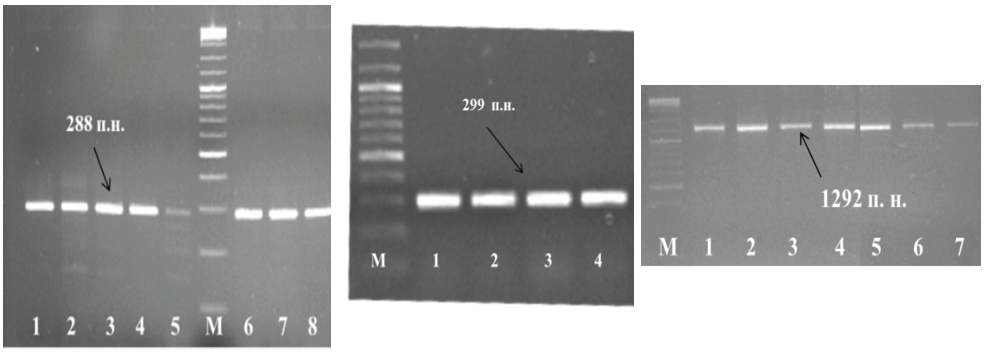
Праймери для детекції поліморфізму за генами *Ppd-1* та *Vrn-1*

Алель	Нуклеотидна послідовність маркерів	Розмір фрагментів ампліфікації, п. н.
Ppd-D1b *Ppd-D1a*	F: 5`-acgcctcccactacactg-3` R1: 5`-gttggttcaaacagagagc-3` R2: 5`-cactggtggtagctgagatt-3`	414 288
Ppd-B1b *Ppd-B1a*	F: 5`-acactagggctggtcgaaga-3` R: 5`-ccgagccagtgcaaattaac-3`	1292 1600
Ppd-A1b *Ppd-A1a*	F: 5`-cgtactccctccgtttcttt-3` R1: 5`-gttggggtcgtttggtggtg-3` R2: 5`-aatttacggggaccaaatacc-3`	299 338
Ppd-P3 (інсерція 16 п. н. у екзоні 8)	F: 5`-gatgaacatgaaacggg-3` R: 5`-gtctaaatagtaggtactagg-3`	320 336
Ppd-P4 (ТЕ інсерція в інтроні 1)	F: 5`-aggtccttactcatactcaatctca-3` R: 5`-ctcccattgttggtgttgtta-3`	2612
Ppd-P5 (ТЕ інсерція в інтроні 1)	F: 5`-ccattcgaggagacgattcat-3` R: 5`-ctgagaaagaacagagtcaa-3`	1005
Ppd-P6 (делеція 5 п. н. в екзоні 7)	F: 5`-gaatggcttctcctggtc-3` R: 5`-gatgggcgaaaccttatt-3`	1032 1027
Ppd-P7 (делеція 5 п. н. в екзоні 7)	F: 5`-gtgtcctttgcgaatcctt-3` R: 5`-ttggagccttgcttcatct-3`	184 179
Трьохкопійний *Ppd-B1* типу Sonora64	F: 5`-ccaggcgagtgatttacaca-3` R: 5`-gggcacgttaacacaccttt-3`	223
Чотирьохкопій-ний *Ppd-B1* типу Chinese Spring	F: 5`-taactgctcctcacaagtgc-3` R: 5`-ccggaacctgaggatcatc-3`	425
vrn-A1	F: 5`-gcactcctaacccactaacc-3` R: 5`-tcatccatcatcaaggcaaa-3`	1068
vrn-B1	F: 5`-caagtggaacggttaggaca-3 R: 5`-caaatgaaaaggaatgagagca-3	1149
vrn-D1	F: 5`-gttgtctgcctcatcaaatcc-3 R: 5`-aaatgaaaaggaacggagcg-3	997

Результати досліджень та їх обговорення

Використовуючи діагностичні молекулярні маркери для визначення поліморфізму за генетичними системами *Ppd-1* та *Vrn-1*, які контролюють реакцію на фотоперіод та яровизаційну потребу, були визначені генотипи сортів пшениці ІЗЗ. За локусом *Ppd-D1* детектовано фрагмент ампліфікації розміром 288 п.н., що свідчить про те, що всі сорти є носіями домінантного алелю *Ppd-D1a*. Локуси *Ppd-A1* та *Ppd-B1* також виявилися неполіморфними (ампліфіковані фрагменти 299 п.н. та 1292 п.н., відповідно), що свідчить про наявність у генотипі рецесивних алелів за цими локусами (рис. 1).

Таким чином, усі досліджені сорти ІЗЗ мають однаковий генотип *Ppd-1*, при чому домінантний алель присутній тільки в локусі *Ppd-D1*. Подібні результати були отримані при дослідженні сортів Півдня України селекції СГІ-НЦНС.



а *б* *в*

Рис. 1. Електрофореграма продуктів ампліфікації, отриманих за допомогою ПЛР ДНК з алель-специфічними праймерами до алелів:
а) *Ppd-D1a*: 1 – Анатолія, 2 – Благо, 3 – Бургунка, 4 – Конка, 5 – Кохана, 6 – Росинка, 7 – Соборна, 8 – Херсонська безоста;
б) *Ppd-A1b*: 1 – Анатолія, 2 – Благо, 3 – Бургунка, 4 – Конка;
в) *Ppd-B1b*: 1 – Анатолія, 2 – Благо, 3 – Бургунка, 4 – Конка, 5 – Кохана, 6 – Росинка, 7 – Соборна;
M – маркер молекулярної маси ladder mix

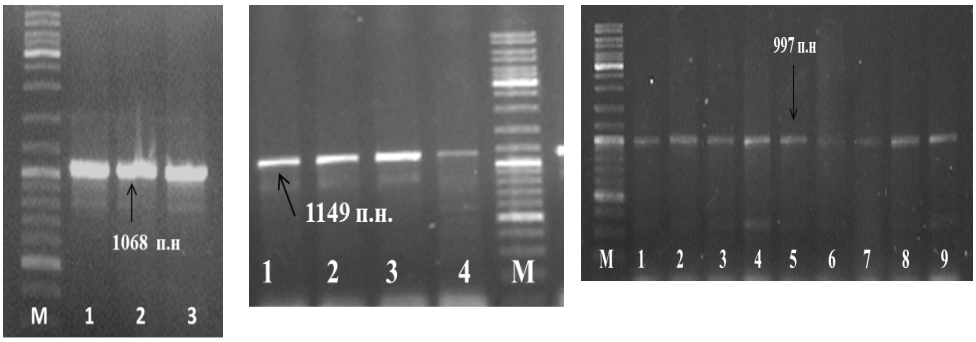
Так, домінантний алель *Ppd-A1a* не був виявлений у генофонді озимої пшениці [3], а щодо наявності домінантного алелю гена *Ppd-B1*, який зазначається присутністю інсерції 308 п.н. в промоторному регіоні, дослідження відносно зазначеної виборки, яка містила 64 сорти, не проводилися. При цьому частота генотипу *Ppd-D1a* на півдні України становила 93,7 % [10]. Слід відмітити, що серед досліджених вищевказаними авторами сортів був присутній сорт ІЗЗ Херсонська безоста, в генотипі якого також детектовано домінантний алель *Ppd-D1a*.

За системою *Vrn-1* в трьох локусах визначені рецесивні алелі (рис. 2).

Вважається, що домінантні алелі *Vrn-1* виникли в результаті делецій або інсерцій в промоторі або в інтроні 1. При аналізі 205 китайських сортів озимої пшениці авторами Zhang зі співавторами [38] виявили, що домінантні алелі генів *Vrn-1* несли в своєму генотипі за локусом *A1* – 3,5 % сортів, за локусом *B1* – 16 %, за локусом *D1* – 41,5 %. В роботі Whittal зі співавторами [32] серед досліджеих 203 канадських сортів озимої пшениці у 9 % виявлений домінантний алель *Vrn-A1*, і -тільки у одного сорту (0,5 %) знайдені алелі *Vrn-B1* і *Vrn-D1*, що призводять до нечутливості до яровизації.

За результатами досліджень низки авторів було визначено що для сортів озимої пшениці з рецесивним *vrn-1* генотипом відмінності в тривалості періоду низьких температур, необхідного для насичення реакції яровизації, пов'язані з локусом *vrn-A1* і можуть впливати на тривалість періоду «сходи-колосіння». Так, Diaz et al. [16] припустили, що різниця за строками колосіння була ви-

кликана наявністю одиничної копії *vrn-A1* в сорті Claire і трьох копій цього гена в сорті Hereward. Однак Li et al. [25] стверджували, що аналогічні відмінності, що спостерігали між сортом Jagger і селекційною лінією 2174, були зумовлені поліморфізмом за амінокислотною послідовністю в положенні 180 тобто наявністю аланіну і валіну відповідно. При цьому Kippes et al. [21] виявили, що Claire і Jagger також відрізнялися від Hereward і лінії 2174 однонуклеотидним поліморфізмом (SNP) в сайті зв'язування білка GRP (Glycine rich RNA-binding Protein 2) в області першого інтрона *vrn-A1*, позначеного як RIP3 (RNA Immune Precipitation fragment 3) [20, 37]. Надалі в сортах з однією копією *vrn-A1* було виявлено різну кількість SNP в області RIP3 (гаплотипи 1_SNP і 3_SNP) і було показано, що рослини з гаплотипом 3_SNP, виколошуються значно раніше, ніж рослини з гаплотипом 1_SNP, як за відсутності яровизації (різниця в 17 днів), так і після 3-х тижнів яровизації (різниця 11 днів). Таким чином, Kippes із співавторами наполягають на доцільності проведення детекції поліморфізмів в області RIP3 у дослідженнях сортів, які достовірно різняться за строками виолошування [21].



а *б* *в*

Рис. 2. Електрофореграма продуктів ампліфікації, отриманих за допомогою ПЛР ДНК з алель-специфічними праймерами до алелів:
а) *vrn-A1*: 1 – Анатолія, 2 – Благо, 3 – Бургунка;
б) *vrn-B1*: 1 – Анатолія, 2 – Благо, 3 – Бургунка; 4 – Конка;
в) *vrn-D1*: 1 – Анатолія, 2 – Благо, 3 – Бургунка; 4 – Конка, 5 – Кохана М – маркер молекулярної маси ladder mix

Для оцінки поліморфізму і визначення гаплотипного складу за геном *Ppd-D1* в сортах ІЗЗ використовували ряд молекулярних маркерів (*Ppd-P3 – Ppd-P7*). За локусом *Ppd-P3* детектовано фрагмент ампліфікації розміром 320 п.н. (рис. 3а), що свідчить про відсутність інсерції 16 п.н. у 8 екзоні. В результаті гніздової ПЛР з маркерами *Ppd-P6* і *Ppd-P7* у всіх сортів виявлений фрагмент ампліфікації 184 п.н. (рис. 3в), наявність якого свідчить про відсутність делеції 5 п.н. в 7 екзоні. З праймерами *Ppd-P4* та *Ppd-P5* не було визначено фрагмен-

тів 2612 п.н. та 1005 п.н., відповідно (рис. 3 б), що підтверджує наявність ТЕ інсерції в генотипі. За класифікацією, запропонованою Guo et al. [19] та Chen et al. [15], досліджувані сорти ІЗЗ за поєднанням мутацій в нуклеотидній послідовності гена *Ppd-D1* відносяться до гаплотипу VII.

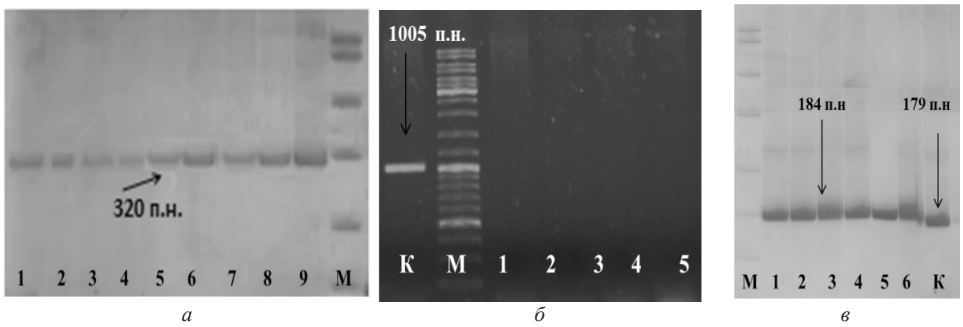


Рис. 3. Електрофореграма продуктів ампліфікації, отриманих за допомогою ПЛР ДНК з праймерами, що рекомендовані для визначення гаплотипів за Ppd-D1:
а – *Ppd-P3*: 1 – Анатолія, 2 – Благо, 3 – Бургунка, 4 – Конка, 5 – Кохана, 6 – Росинка, 7 – Соборна, 8 – Херсонська безоста; 9 – Овідій; М – маркер молекулярної маси pUC19/MspI
б – *Ppd-P5*: 1 – Анатолія, 2 – Благо, 3 – Бургунка, 4 – Конка, 5 – Кохана, К – Легенда білоцерківська; М – маркер молекулярної маси ladder mix
в – *Ppd-P7*: 1 – Анатолія, 2 – Благо, 3 – Бургунка, 4 – Конка, 5 – Кохана, 6 –Росинка, К – Легенда білоцерківська; М – маркер молекулярної маси pUC19/MspI

З огляду на те, що за даними Diaz et al. [16] копійність гену *Ppd-B1* може впливати на фенотипічний прояв фотоперіодичної чутливості, нами було визначено кількість копій *Ppd-B1* в генотипах зазначених сортів. На сьогодні в Україні CNV-мутації *Ppd-B1* досліджувалися Балашовою зі співавторами [2], які позначили трьох- та чотирьох-копійні мутанти як *Ppd-B1a* (*Ppd-B1* типу ‘Sonora64’) та *Ppd-B1c* (*Ppd-B1* типу ‘Chinese Spring’), відповідно. У загальній виборці озимих та ярих сортів закордонної та вітчизняної селекції (в цілому120 сортів пшениці) CNV-мутанти були виявлені авторами [2] у 29 сортів, причому носіями алелів *Ppd-B1a* та *Ppd-B1c* були 17 та 12 сортів, відповідно. При цьому серед українських с ортів пшениці м’якої озимої домінантний алель *Ppd-B1c* визнаено тільки у сорту Бригантина. У генотипах сортів ІЗЗ нами не було виявлено збільшення копій гена *Ppd-B1*. Як контрольні зразки для визначення алелів *Ppd-B1a* та *Ppd-B1c* використовували ДНК сортів Елегія миронівська та Струа миронівська, в генотипах яких зазначені мутації були раніше детектовані Балашовою зі співавторами [2]. Фрагменти 223 п.н. та 425 п.н. (рис. 4), які виначають наявність в генотипі трьох та чотирьох копій *Ppd-B1*, відповідно, наи не були детектовані при проведенні ПЛР.

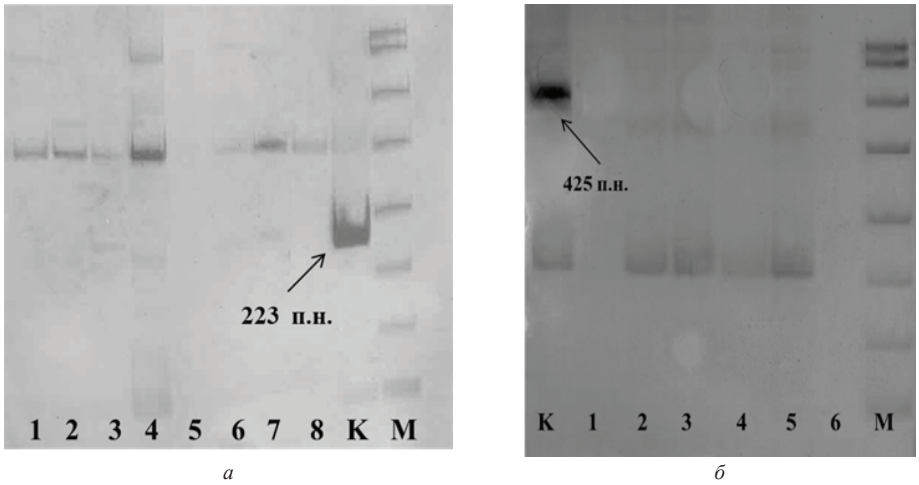


Рис. 4. Електрофореграма продуктів ампліфікації, отриманих за допомогою ПЛР ДНК з алель-специфічними праймерами до CNV гена Ppd- B1:

а – трьохкопійний *Ppd-B1* типу Sonora64: 1 – Анатолія, 2 – Благо, 3 – Бургунка, 4 – Конка, 5 – Кохана, 6 – Росинка, 7 – Соборна, 8 – Херсонська безоста; К – Струна миронівська;

б – чотирьохкопійний *Ppd-B1* типу Chinese Spring: 1 – Анатолія, 2 – Благо, 3 – Бургунка, 4 – Конка, 5 – Кохана, 6 – Росинка, К – Елегія миронівська

М – маркер молекулярної маси pUC19/MspI

Таким чином, при дослідженні сортів ІЗЗ нами не визначено поліморфізму генетичних систем, які детермінують фотоперіодичну чутливість та яровиаційну потребу. Усі сорти селекції ІЗЗ є носіями генотипу *Ppd-D1a, Ppd-A1b, Ppd-B1b* та рецесивного генотипу за локусами *vrn-1*. За структурою нуклеотидної послідовності гена *Ppd-D1* сорти ІЗЗ віднесено до гаплотипу VII. Крім того, не детектовано збільшення кількості копій гена *Ppd-B1*, які призводять до зменшення чутлиості до фотоперіоду.

Статистичний аналіз даних польових спостережень, в ході яких впродовж трьох років відмічали дати колосіння та цвітіння досліджених сортів, показав, що усі сорти не мають достовірної різниці за цими показниками, тобто фенотиповий прояв чутливості до фотоперіоду загалом узгоджується з результатами молекулярно-генетичного аналізу генотипів (табл. 2).

Як зазначає Стельмах із співавторами [7], сучасним сортам озимої м'якої пшениці півдня України притаманна слабка фотоперіодична чутливість та скорочена потреба в яровизації. В степу Причорномор'я слабка фотоперіодична чутливість сприяє більш повному використанню весняних запасів вологи, інтенсивному накопиченню біологічного врожаю, його більш повній реалізації [5]. При цьому зниження реакції на фотоперіод в цих сортах досягається завдя-

ки наявності в генотипі домінантного алеля *Ppd-D1a*. За результатами Файта та ін. [10], серед озимих сортів України алель *Ppd-D1a* зустрічався значно частіше (77,5 %), ніж алель *Ppd-D1b* (22,5 %). І як показують дослідження ряду авторів, більш поліморфними за цим локусом виявилися сорти північних та центральних регіонів України. Так, в роботі Філімонова та ін. [11] в генотипах 15 сортів пшениці Білоцерківської дослідно-селекційної станції визначено алель *Ppd-D1a*, лише сорт Легенда білоцерківська мав повністю рецесивний *Ppd-1* генотип. В нашій більш ранній роботі [1] було показано, що серед сортів Миронівського Інституту пшениці імені В. М. Ремесла співвідношення *Ppd-D1a* та *Ppd-D1b* алелів становить 71,4 % та 28,6 %, відповідно. Всі сучасні сорти Полтавської державної аграрної академії, досліджені Чеботар та ін., [12] характеризувалися *Ppd-D1a* алелем, наявність якого в генотипах автори пояснюють використанням в схрещуваннях при їх створенні сортів СГІ-НЦНС, в родоводі яких був присутній сорт Безоста І, який, в свою чергу, має у генотипі алель *Ppd-D1a*.

Таблиця 2

Характеристика сортів ІЗЗ за *Ppd-1* генами та датами колосіння та цвітіння

Сорт	Алельний стан генів *Ppd*			Мутації (делеції та інсерції) гена *Ppd-D1*					Гаплотип за геном *Ppd-D1*	Середні значення за три роки (2016-2018 рр *)	
	D1	A1	B1	24 + 15 п.н.	2 т.п.н.	TE	5 п.н.	16 п.н.		дата колосіння	дата цвітіння
Анатолія	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	8,7	12
Бургунка	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	10	12,7
Конка	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	8,7	11,7
Кохана	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	8,7	12
Кошова	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	10,7	14,3
Ледя	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	13	16,3
Марія	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	10	13
Овідій	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	8,7	11,7
Росинка	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	9,7	12,7
Соборна	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	9,7	12,7
Херсонська Безоста	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	11	14,3
Херсонська 99	*a*	*b*	*b*	-	-	+	+	-	VII	8,3	11,3
$НІР_{0,05}$										-	-
P**										7,8%	5,2%

Примітка: * – кількість днів до колосіння та цвітіння, починаючи відлік з першого травня;
** – показник точності досліду

За результатами досліджень Würschum [36] локуси *Ppd-D1* і *Ppd-B1* обумовлюють 48,2 % і 8,3 % генотипової дисперсії щодо строків виколошування, відповідно, і тому є основними локусами, які детермінують різницю у тривалості періоду до колосіння при порівнянні сортів озимої пшениці. Для оптимізації застосування у селекційній практиці результатів досліджень генетичних детермінант адаптивних характеристик пшениці, до яких належать *Ppd-1 і Vrn-1* локуси, що обумовлюють тривалість вегетації, необхідне детальне вивчення взаємодії "генотип - середовище" в різних локаціях, тобто оцінка характеру реалізації генотипу в певних еколого-кліматичних умовах. Та й подальша селекційна робота мусить бути націлена на створення сортів налаштованих до конкретних умов вирощування, а це можливо з урахуванням поєднання певних алелів генів, що відповідають за фенологію озимої пшениці.

Висновки

1. За системою *Ppd-1* у всіх сортів ІЗЗ детектовано домінантний алель *Ppd-D1a*, в локусах *Ppd-A1* та *Ppd-B1* визначені рецесивні алелі *b*. Поєднання мутацій в нуклеотидній послідовності гена *Ppd-D1* вказує на те, що досліджені сорти відносяться до гаплотипу VII.
2. За системою *Vrn-1* сорти є носіями рецесивного генотипу.
3. В генотипах сортів не детектовано збільшення копій гена *Ppd-B1*.
4. Досліджені сорти є ранньостиглими і не мають достовірних відмінностей за строками колосіння та цвітіння, що добре узгоджується з результатами молекулярно-генетичного аналізу систем генів *Ppd-1*та *Vrn-1*, які контролюють тривалість вегетаційного періоду рослин пшениці.

Стаття надійшла до редакції 26.03.2019

Список використаної літератури

1. Бакума А. О. Генотипи сучасних миронівських сортів озимої м'якої пшениці за *Ppd-A1-, Ppd-B1-, Ppd-D1*-генами, та їх чутливість до фотоперіоду / А. О. Бакума, Н. В. Булавка, С. В. Чеботар // Вісник ОНУ. Біологія. – 2016. – Т. 21, вип. 1 (38). – С. 75–78. doi: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgibin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN= UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Vonu_biol_2016_21_1_9
2. Балашова І. А. Ідентифікація алелів генів *Ppd-D1* і *Ppd-B1* пшениці м'якої за молекулярними маркерами: Методичні рекомендації / І. А. Балашова, В. І Файт // Одеса: СГІ-НЦНС, 2015. – 16 с.
3. Балашова І. А. Розробка ДНК-технологій ідентифікації генів ортологічної серії *Ppd-1* м'якої і твердої пшениць / І. А. Балашова, В. І. Файт // Сільськогосподарська біотехнологія: теоретичні розробки і впровадження в селекцію рослин. – Одеса: Астропринт, 2016. – С. 9–19.
4. Вожегова Р. А. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / Р. А. Вожегова, М. П. Малярчук, С. В. Коковіхін та ін. // – Херсон: Вид. Грінь Д. С., 2014. – 286 с.
5. Мусіч В. М. Фотоперіодична чутливість та адаптивність різних сортів озимої пшениці на півдні України / В. М. Мусіч, В. В. Пильнєв, О. В. Нефйодов, С. В. Рабінович // Реалізація потенційних можливостей сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту в умовах України. – Одеса, 1996. – С. 76–83.

6. Потокина Е.К Комбинация аллелей генов *Ppd* и *Vrn* и сроки колошения у мягкой пшеницы / Е. К. Потокина, В. А. Кошкин, Е. А. Алексеева, И. И. Матвиенко, В. А. Филобок, Л. А. Беспалова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Том 16, № 1. – С. 77–86.
7. Стельмах А. Ф. Возможность улучшения адаптивности озимой пшеницы путем усиления фотопериодизма и потребности в яровизации / А. Ф. Стельмах, В. І. Файт // Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту-Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. – 2016 – № 27. – С. 103-108.
8. Стельмах А.Ф. Изучение роли генетических систем *Vrn* и *Ppd* у мягкой пшеницы / А. Ф. Стельмах, В. И. Авсенин, В. А. Кучеров, А. И. Воронин // Вопросы генетики и селекции зерновых культур. КОЦ СЭВ. Одесса (СССР). НИИР Прага-Рузыне (ЧССР). – 1987. – Вып. 3. – С. 125–132.
9. Усик Л. О. Інноваційні сорти пшениці м'якої озимої селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН для умов зрошення Півдня України / Л. О. Усик, Г. Г Базалій., Н. Д. Колесникова // Зрошуване землеробство. – 2015. – Вип. 64. – С. 139–142. Doi: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zz_2015_64_42
10. Файт В. И. Идентификация генотипов *Ppd-1* сортов мягкой пшеницы методами генетического и STS-ПЦР анализа / В. И. Файт, И. А. Балашова, В. Р. Федорова, М. С. Бальвинская // Физиология растений и генетика. – 2014. – Т. 46, № 4. – С. 325–336. Doi: http://nbuv.gov.ua/UJRN/FBKR_2014_45_4_7
11. Филимонов В. М. ПЛР-аналіз генів фотоперіодичної чутливості у сортів м'якої озимої пшениці селекції Білоцерківської дослідно-селекційної станції / В. М. Филимонов, А. А. Бакума, Г. А. Чеботарь, Л. А. Бурденюк-Тарасевич, С. В. Чеботарь // Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. – 2018. – Т. 16, № 2. – С. 217-226. Doi: http://utgis.org.ua/journals/index.php/VisnykUTGiS/article/view/1060/Filimonov_18
12. Чеботар Г. О. Характеристика сортів пшениці селекції Полтавської державної аграрної академії за допомогою маркерів до генів, що визначають важливі господарсько-агрономічні ознаки / Г. О. Чеботар, С. В. Чеботар, М. К. Топораш, А. О. Бакума, В. М. Тищенко // Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. – 2017. – Т. 15, № 2. – С. 187–195. Doi: http://utgis.org.ua/journals/index.php/VisnykUTGiS/article/view/878/Chebotar
13. Bassam B. J. Silver staining of DNA in polyacrylamide gels / B. J. Bassam, P. M. Gresshoff // Nat. Protoc. – 2007. – Vol. 2. – P. 2649–2654 Doi: https://doi.org/10.1038/nprot.2007.330
14. Beales J. Pseudo-Response Regulator is misexpressed in the photoperiod insensitive *Ppd-D1a* mutant of wheat (*Triticum aestivum L.*) / J. Beales, A. Turner, S. Griffiths, J. W. Snape, D. A. Laurie // Theor. Appl. Genet. – 2007. – Vol. 115. – P. 721–733. Doi: https://doi.org/10.1007/s00122-007-0603-4
15. Chen F. Molecular characterization of vernalization and response genes in bread wheat from the yellow and Huai Valley of China / F. Chen, M. X. Gao, J. H. Zhang, A. H. Zuo, X. L. Shang, D. Q. Cui // BMC Plant Bio. – 2013. – Vol. 13. – P. 199. Doi: https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-199
16. Díaz A. Copy number variation affecting the *Photoperiod-B1* and *Vernalization-A*1 genes is associated with altered flowering time in wheat (*Triticum aestivum*) / A. Díaz, M. Zikhali, A. S. Turner, P. Isaac, D. A. Laurie // PLoS One. – 2012. – Vol. 7(3):e33234. Doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033234
17. Dubcovsky J. Comparative RFLP mapping of Triticum monococcum genes controlling vernalization requirement / J. Dubcovsky, D. Lijavetzky, L. Appendino, G. Tranquilli // Theor Appl Genet. – 1998. – Vol. 97. – P. 968–975 Doi: https://doi.org/10.1007/s001220050978
18. Fu D. Large deletions within the first intron in *VRN-1* are associated with spring growth habit in barley and wheat / D. Fu, P. Szűcs, L. Yan, M. Helguera, J. S. Skinner, J. V. Zitzewitz, et al. // Molecular Genetics and Genomics. – 2005. – Vol. 273. – P. 54–65 Doi: https://doi.org/10.1007/s00438-004-1095-4
19. Guo Z. Discovery, evaluation and distribution of haplotypes of the wheat *Ppd-D1* gene / Z. Guo, Y. Song, R. Zhou, Z. Ren, J. Jia // New Phytol. – 2010. – Vol. 185, № 3. – P. 841–851. Doi: https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03099.x
20. Kippes N. Identification of the VERNALIZATION 4 gene reveals the origin of spring growth habit in ancient wheats from South Asia / N. Kippes, J. Debernardi, H. A. Vasquez-Gross, B. A. Akpinar, H. Budak, K. Kato, S. Chao, E. Akhunov, J. Dubcovsky // Proc Natl Acad Sci USA. – 2015. – Vol. 112. – P. E5401-E5410. Doi: https://doi.org/10.1073/pnas.1514883112
21. Kippes N. Single nucleotide polymorphisms in a regulatory site of VRN-A1 first intron are associated with differences in vernalization requirement in winter wheat / N. Kippes, M. Guedira, L. Lin et al. // Molecular Genetics and Genomics. – 2018. – Vol. 293 (5). – P. 1231–1243 Doi: https://doi.org/10.1007/s00438-018-1455-0

22. Kiss T. Allele frequencies in the VRN-A1, VRN-B1 and VRN-D1 vernalization response and *PPD-B1* and *PPD-D1* photoperiod sensitivity genes, and their effect of on heading in a diverse set of wheat cultivars (*Triticum* aes*tivum* L.) / T. Kiss, K. Balla, O. Veisz, L. Láng et al. // Molecular Breeding. – 2014. – Vol. 34(2). – P. 297–310. Doi: https://dx.doi.org/10.1007%2Fs11032-014-0034-2 .
23. Langer S. M. Flowering time control in European winter wheat / S. M. Langer, C. F. Longin, T. Würschum // Front Plant Sci. – 2014. – Vol. 5. – P. 537. Doi: https://dx.doi.org/10.3389%2Ffpls.2014.00537.
24. Law C. N. The genetic control of ear-emergence time by chromosomes 5A and 5D of wheat / C. N. Law, A. J. Worland, B. Giorgi // Heredity. – 1975. – Vol. 36. – P. 49–58 Doi: https://doi.org/10.1038/hdy.1976.5
25. Li G. Vernalization requirement duration in winter wheat is controlled by TaVRN-A1 at the protein level / G. Li, M. Yu, T. Fang, S. Cao, B. F. Carver, L. Yan // The Plant Journal. – 2013. – Vol. 76. – P. 742–753 Doi: https://doi.org/10.1111/tpj.12326
26. Murray M. G. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA / M. G. Murray, W. F. Thompson // Nucleic Acids Res. – 1980. – Vol. 8 (19). – P. 4321–4326. Doi: https://dx.doi.org/10.1093%2Fnar%2F8.19.4321
27. Muterko A. Discovery, evaluation and distribution of haplotypes and new alleles of the Photoperiod-*A1* gene in wheat / A. Muterko, R. Kalendar, J. Cockram, I. Balashova // Plant Mol Biol. – 2015. – Vol. 88 (1–2). – P. 149–164. Doi: https://doi.org/10.1007/s11103-015-0313-2
28. Nishida H. Structural variation in the 5′ upstream region of photoperiod-insensitive alleles *Ppd-A1a* and *Ppd-B1a* identified in hexaploid wheat (*Triticum aestivum L.*), and their effect on heading time / H. Nishida, T. Yoshida, K. Kawakami, M. Fujita, B. Long, Y. Akashi, D. A. Laurie, K. Kato // Molecular Breeding. – 2013. – Vol. 31, – P. 27-37 Doi: https://doi.org/10.1007/s11032-012-9765-0
29. Pervaiz Z. H. A modified method for high-quality DNA extraction for molecular analysis in cereal plants / Z. H. Pervaiz, N. A. Turi, I. Khaliq, M. A. Rabbani, S. A. Malik // Genet. Mol. Res. – 2011. – Vol. 10 (3). – P.1669-1673. Doi: http://dx.doi.gov/10.4238/vol10-3gmr1346
30. Pugsley A. T. A genetic analysis of the spring–winter habit of growth in wheat / A. T. Pugsley // Australian Journal of Agricultural Research. – 1971. – Vol. 22 (1). – P. 21–31 Doi: https://doi.org/10.1071/AR9710021
31. Shcherban A. B. Effect of *VRN-1* and *PPD-D1* genes on heading time in European bread wheat cultivars / A. B. Shcherban, A. Börner, E. A. Salina // Plant Breeding. – 2014. – Vol. 134 (1). – P. 49 – 55 Doi: https://doi.org/10.1111/pbr.12223
32. Whittal A. Allelic variation of vernalization and photoperiod response genes in a diverse set of North American high latitude winter wheat genotypes / A. Whittal, M. Kaviani, R. Graf, G. Humphreys, A. Navabi // PLoS ONE. – 2018. – Vol. 13(8): e0203068. Doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203068
33. Wilhelm E.P. Photoperiod insensitive *Ppd-A1a* mutations in tetraploid wheat (*Triticum durum Desf.*) / E. P. Wilhelm, A. S. Turner, D. A. Laurie // Theor Appl Genet. – 2009. – Vol. 118, № 2. – P. 285–294. Doi: https://doi.org/10.1007/s00122-008-0898-9
34. Worland A. J. The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheats / A. J. Worland, A. Borner, V. Korzun, W. M. Li, S. Petrovic, E. J. Sayers // Euphytica. – 1998. – Vol. 100, – P. 385–394.
35. Worland A. J. The influence of the flowering time genes on environmental adaptability in European wheats / A. J. Worland // Euphytica. – 1996. – Vol. 89. – P. 49–57.
36. Würschum T. A three-component system incorporating *Ppd-D1*, copy number variation at *Ppd-B1*, and numerous small-effect quantitative trait loci facilitates adaptation of heading time in winter wheat cultivars of worldwide origin / T. Würschum, S. M. Langer, C. Longin, M. R. Tucker, W. L. Leiser // Plant Cell Environ. – 2018. – Vol. 41, № 6. – P. 1407–1416. Doi: https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00470
37. Xiao J. O-GlcNAc-mediated interaction between VER2 and TaGRP2 elicits TaVRN1 mRNA accumulation during vernalization in winter wheat / J. Xiao, S. Xu, C. Li, Y. Xu, L. Xing et al. // Nature Communications. – 2014. – Vol. 5 (4572) Doi: https://doi.org/10.1038/ncomms5572
38. Zhang X. K. Allelic variation at the vernalization and photoperiod sensitivity loci in Chinese winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) / X. K. Zhang, M. Gao, S. Wang, F. Chen, D. Cui // Front Plant Sci. – 2015. – Vol. 6. – P. 470 Doi: https://dx.doi.org/10.3389%2Ffpls.2015.00470

А. А. Бакума[1], Ц. А. Ч[illegible] [1], З. А. Ґ[illegible] [2], С. В. Чеботарь [1,3]
[1]Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра генетики и молекулярной биологии, ул. Дворянская, 2,
Одесса, 65082, Украина
[2]Институт орошаемого земледелия НААН Украины, сел. Надднепрянское,
Херсон, 73483, Украина
[3]Селекционно-генетический институт – Национальный центр семеноведения
и сортоизучения НААН Украины, ул. Овидиопольская дорога, 3,
Одесса, 65036, Украина, e-mail: s.v.chebotar@gmail.com

АЛЛЕЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕНОВ СИСТЕМ *PPD-1* И *VRN-1* В СОРТАХ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИНСТИТУТА ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НААН УКРАИНЫ

Резюме
Целью данной работы было определение аллельного состояния генов системы *Ppd-1* и *Vrn-1* в 13 сортах мягкой озимой пшеницы Института орошаемого земледелия НААН Украины (ИОЗ) и сопоставление данных молекулярно-генетического анализа с данными полевых исследований. Для достижения этой цели ставили следующие **задачи**: 1) определить аллельное состояние генов систем *Ppd-1* и *Vrn-1* в генотипах сортов мягкой пшеницы, созданных в ИОЗ; 2) провести сбор данных наблюдений за этапами развития (колошения и цветения) сортов пшеницы в условиях южной степи Украины и провести статистический анализ зависимости сроков колошения и цветения от аллельного состояния генов *Ppd-1* и *Vrn-1* в генотипах сортов пшеницы.
Материал. Сорта пшеницы мягкой озимой селекции ИОЗ. **Методы.** Выделение ДНК, аллель-специфическая и гнездовая ПЦР, электрофорез продуктов амплификации, однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA).
Результаты. По системе *Ppd-1* во всех сортах ИОЗ детектирован доминантный аллель *Ppd-D1a*, в локусах *Ppd-A1* и *Ppd-B1* определенны рецессивные аллели *b*. Сочетание мутаций в нуклеотидной последовательности гена *Ppd-D1* указывает на то, что исследованные сорта относятся к гаплотипу VII. По системе *Vrn-1* сорта являются носителями рецессивного генотипа. В генотипах сортов не детектировано увеличение копий гена *Ppd-B1*. Исследованные сорта являются раннеспелыми и не имеют достоверных различий по срокам колошения и цветения, что хорошо согласуется с результатами молекулярно-генетического анализа систем генов *Ppd-1* и *Vrn-1*, которые контролируют продолжительность вегетационного периода растений пшеницы.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница; ПЦР-анализ; *Ppd-1; Vrn-1*; CNV; чувствительность к фотопериоду; яровизационная потребность.

A. O. Bakuma[1], G. O. Chebotar[1], U. O. Lavrinenko[2], S. V. Chebotar[1,3]
[1]Odesa National Mechnykov University, Department of Genetics and Molecular Biology,
2, Dvoryanska str., Odesa, 65082, Ukraine
[2]Institute of irrigated agriculture of NAAS, Naddniprianske village,
Kherson 73483, Ukraine
[3]Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
3, Ovidiopolska doroga str., Odesa, 65036, Ukraine

ALLELIC STATUS OF THE *PPD-1* AND *VRN-1* GENETIC SYSTEMS IN WINTER WHEAT VARIETIES OF THE INSTITUTE OF IRRIGATED AGRICULTURE OF NAAS UKRAINE

Abstract
The aim of the current investigation was to determine the alleles of the genes of *Ppd-1* and *Vrn-1* systems in 13 bread winter wheat varieties created in the Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine (IIA) and to compare the data of the molecular genetic analysis with the data of field research. To accomplish this goal, the following **tasks** were set: 1) to determine the allelic state of the genes of the systems *Ppd-1* and *Vrn-1* in the genotypes of bread wheat varieties created in the IIA; 2) to collect the data of observations at stages of development (heading and flowering) of wheat varieties in the conditions of the Southern steppe of Ukraine and (3) to carry out a statistical analysis of the dependence of the periods of heading and flowering on the allelic composition of genes *Ppd-1* and *Vrn-1* in the genotypes of wheat varieties.
Material. Varieties of winter bread wheat created in IIA. **Methods.** DNA extraction, allele-specific and nested PCR, electrophoresis of amplification products, one-way dispersion analysis (ANOVA).
Results. By the *Ppd-1* system in all IIA varieties dominant *Ppd-D1a* allele was detected, recessive alleles *b* were identified in *Ppd-A1* and *Ppd-B1* loci. The combination of mutations in the nucleotide sequence of the *Ppd-D1* gene indicates that the studied varieties belong to the haplotype VII. By the *Vrn-1* system, the varieties are carriers of a recessive genotype. No increase in the number of *Ppd-B1* gene copies was detected in the genotype of the variety. The varieties investigated are early and do not have any significant differences in terms of heading and flowering, which corresponds to the results of the molecular-genetic analysis of *Ppd-1* and *Vrn-1* genes that control the duration of the vegetative period of wheat plants.

Key words: winter bread wheat; *Ppd-1; Vrn-1;* CNV; sensitivity to photoperiod, vernalization response.

References

1. Bakuma A. O., Bulavka N. V., Chebotar S. V. (2016) «*The genothypes of modern myronivsky varieties of winter wheat for Ppd-A1, Ppd-B1, Ppd-D1 genes and their sensitivity to photoperiod*» [«Genotypy suchasnyx myronivs`kyx sortiv ozymoyi m'yakoyi pshenyci za *Ppd-A1, Ppd-B1, Ppd-D1*-genamy ta yix chutlyvist` do fotoperiodu»], *Bulletin of ONU. Biology*, 21, 1(38), pp. 75–78.
2. Balashova I. A., Fayt V. I. (2015) «*Identification of alleles of the Ppd-D1 and Ppd-B1 genes of bread wheat with molecular markers: Methodical recommendations*» [«Identyfikaciya aleliv geniv *Ppd-D1* i *Ppd-B1* pshenyci m'yakoyi za molekulyarnymy markeramy: Metodychni rekomendaciyi»], PBGI – NCSCI, 16 p.
3. Balashova I. A., Fayt V. I. (2016) «*Development of DNA technology for identifying genes of the orthogonal series Ppd-1 of bread and durum wheat*» [«Rozrobka DNK-texnologij identyfikaciyi geniv ortologichnoyi seriyi *Ppd-1* m'yakoyi i tverdoyi pshenycz`»], Agricultural Biotechnology: Theoretical Developments and Implementation in Plant Selection, Odesa: Astroprint, P. 9–19.
4. Vozhegova R. A., Malyarchuk M. P., Kokokhin S.V. et al. (2014) "*Methods of field and laboratory research on irrigated lands*" ["Metodyka pol'ovykh i laboratornykh doslidzhen' na zroshuvanykh zemlyakh"], Kherson: Publishing house Grin D. S., 286 p.
5. Musich V. M., Pilnnev V. V., Nefyodov A. V., Rabinovich S. V. (1996) «*Photoperiodic sensitivity and adaptability of different varieties of winter wheat in the south of Ukraine*» [«Fotoperiodychna chutlyvist` ta adaptyvnist` riznyx sortiv ozymoyi pshenyci na pivdni Ukrayiny»], Implementation of potential possibilities of varieties and hybrids Selection-genetic institute in the conditions of Ukraine, Odesa, pp. 76-83.
6. Potokina E. K., Koshkin V. A., Alekseeva E. A., Matvienko I. I., Bespalova L. A., Filobok V. A. (2012) «*Combinations of alleles of the Ppd and Vrn genes determine the heading time in common wheat varieties*» [«Kombinatsiya alleley genov *Ppd* i *Vrn* i sroki kolosheniya u myagkoy pshenitsyi»], *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 16(1), pp. 77–86.
7. Stelmakh A. F., Fayt V. I. (2016) «*Winter bread wheat adaptivity may be improved by increasing photosensitivity and vernalization requirement*» [«Vozmozhnost uluchsheniya adaptivnosti ozimoy pshenitsyi putem usileniya fotoperiodizma i potrebnosti v yarovizatsii»], Anthology of scientific treatises of Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations, 27, pp. 103–108.
8. Stelmakh, A. F., Avsenin, V. I., Kucherov V. A., Voronin A. N. (1987) «*Study of the role of genetic systems Vrn and Ppd in bread wheat*» [«Izuchenie roli geneticheskih sistem *Vrn* i *Ppd* u myagkoy pshenitsyi»], Questions of genetics and breeding process of grain crops of KOTs SEV, Odessa (USSR), NIIR Praga Ruzyne (ChSSR), Issue 3, P.125 – 132.
9. Usik L. A., Basalii G. G., Kolesnikova N. D. (2015) «*Innovative varieties of winter wheat of selection of the Institute of Irrigated Agriculture of the NAAS for irrigation conditions in the South of Ukraine*» [«Innovacijni sorty pshenyci m'yakoyi ozymoyi selekciyi Instytutu zroshuvanogo zemlerobstva NAAN dlya umov zroshennya Pivdnya Ukrayiny»], *Irrigation Agriculture,* 64, pp. 139–142.
10. Fayt V. I., Balashova I. A., Fedorova V. R., Balvinska M. S. (2014) «*Identification of bread wheat Ppd-1 genotypes by hybridological and STS-PCR analysis*» [«Identifikatsiya genotipov *Ppd-1* sortov myagkoy pshenitsyi metodami geneticheskogo i STS-PTsR analiza»], *Plant physiology and genetics*, 46, 4, pp. 325–336.
11. Filimonov V. M., Bakuma A. A., Chebotar G. A., Burdenyuk-Tarasevich L. A., Chebotar S. V. (2018) «*PCR-analysis of photoperidous sensitivity genes in bread wheat varieities from Bilatserkovska Experimental Breeding Station*» [«PLR-analiz geniv fotoperiodychnoyi chutlyvosti u sortiv m'yakoyi ozymoyi pshenyci selekciyi Bilocerkivs`koyi doslidno-selekcijnoyi stanciyi»] *The Bulletin of Ukrainian Society of Geneticists and Breeders*, 16, 2, pp. 217 – 226.
12. Chebotar G. O., Chebotar S. V., Toporash M. K., Bakuma A. O., Tytschenko V. M. (2017) «*Characteristics of wheat varieties of Poltava State Agrarian Academy breeding with gene markers that determine important agronomical traits*» [«Xarakterystyka sortiv pshenyci selekciyi Poltavs`koyi derzhavnoyi agrarnoyi akademiyi za dopomogoyu markeriv do geniv, shho vyznachayut` vazhlyvi gospodars`ko-agronomichni oznaky»], *The Bulletin of Ukrainian Society of Geneticists and Breeders*, 15, 2, pp. 187–195
13. Bassam B. J., Gresshoff P. M. (2007) «*Silver staining of DNA in polyacrylamide gels*», Nat. Protoc.,. 2, pp. 2649–2654
14. Beales J., Turner A., Griffiths S., Snape J. W., Laurie D. A. (2007) «*Pseudo-Response Regulator is misexpressed in the photoperiod insensitive Ppd-D1a mutant of wheat (Triticum aestivum L.)*», Theor. Appl. Genet, 115, pp. 721–733.
15. Chen F., Gao M. X., Zhang J. H., Zuo A. H, Shang X. L., Cui D. Q. (2013) «*Molecular characterization of vernalization and response genes in bread wheat from the yellow and Huai Valley of China*», BMC Plant Bio, 13, pp. 199.

16. Díaz A., Zikhali M., Turner, A., Isaac S. P., Laurie D. A. (2012) «*Copy number variation affecting the Photoperiod-B1 and Vernalization-A1 genes is associated with altered flowering time in wheat (Triticum aestivum*)». PLoS One, 7(3):e33234.
17. Dubcovsky J., Lijavetzky D., Appendino L., Tranquilli G. (1998) «*Comparative RFLP mapping of Triticum monococcum genes controlling vernalization requirement*», Theor Appl Genet, 97, pp. 968–975.
18. Fu D., Szűcs P., Yan L., Helguera M., Skinner J. S., Zitzewitz J. V. et al. (2005) «*Large deletions within the first intron in VRN-1 are associated with spring growth habit in barley and wheat*», Molecular Genetics and Genomics, 273, pp. 54–65
19. Guo Z., Song Y., Zhou R., Ren Z., Jia J. (2010) "*Discovery, evaluation and distribution of haplotypes of the wheat Ppd-D1 gene*", New Phytol, 185, 3, pp. 841–851.
20. Kippes N., Debernardi J., Vasquez-Gross H. A., Akpinar B. A., Budak H., Kato K., Chao S., Akhunov E., Dubcovsky J (2015) «*Identification of the VERNALIZATION 4 gene reveals the origin of spring growth habit in ancient wheats from South Asia*», Proc Natl Acad Sci USA, 112, pp. E5401–E5410.
21. Kippes N., Guedira M., Lin L. et al. (2018) «*Single nucleotide polymorphisms in a regulatory site of VRN-A1 first intron are associated with differences in vernalization requirement in winter wheat*», Molecular Genetics and Genomics,293 (5), pp. 1231–1243.
22. Kiss T., Balla K., Veisz O., Láng L. et al. (2014) «*Allele frequencies in the VRN-A1, VRN-B1 and VRN-D1 vernalization response and PPD-B1 and PPD-D1 photoperiod sensitivity genes, and their effects on heading in a diverse set of wheat cultivars (Triticum aestivum L.)*», Molecular Breeding, 34(2), pp. 297–310.
23. Langer S. M., Longin C. F., Würschum T. (2014) «*Flowering time control in European winter wheat*», Front Plant Sci, 5, pp. 537.
24. Law C. N., Worland A. J., Giorgi B. (1975) «*The genetic control of ear-emergence time by chromosomes 5A and 5D of wheat*», Heredity, 36, pp. 49–58
25. Li G., Yu M., Fang T., Cao S., Carver B. F., Yan L. (2013) «*Vernalization requirement duration in winter wheat is controlled by TaVRN-A1 at the protein level*», The Plant Journal, 76, pp. 742–753.
26. Murray M. G., Thompson W. F. (1980) «*Rapid isolation of high molecular weight plant DNA*», Nucleic Acids Res., 8 (19). pp. 4321–4326.
27. Muterko A., Kalendar R., Cockram J., Balashova I. (2015) «*Discovery, evaluation and distribution of haplotypes and new alleles of the Photoperiod-A1 gene in wheat*», Plant Mol Biol, 88 (1–2), pp. 149–164.
28. Nishida H., Yoshida T., Kawakami K., Fujita M., Long B., Akashi Y., Laurie D. A., Kato K. (2013) «*Structural variation in the 5′ upstream region of photoperiod-insensitive alleles Ppd-A1a and Ppd-B1a identified in hexaploid wheat (Triticum aestivum L.), and their effect on heading time*», Molecular Breeding, 31, pp. 27–37.
29. Pervaiz Z. H., Turi N.A., Khaliq I., Rabbani M. A., Malik S. A. (2011) «*A modified method for high-quality DNA extraction for molecular analysis in cereal plants*», Genet. Mol. Res, 10 (3), pp.1669 – 1673.
30. Pugsley A. T. (1971) «*A genetic analysis of the spring–winter habit of growth in wheat*», Australian Journal of Agricultural Research, 22 (1), pp. 21–31.
31. Shcherban A. B., Börner A., Salina E. A. (2014) «*Effect of VRN1 and PPDD1 genes on heading time in European bread wheat cultivars*», Plant Breeding, 134 (1), pp. 49 – 55.
32. Whittal A., Kaviani M., Graf R., Humphreys G., Navabi A. (2018) «*Allelic variation of vernalization and photoperiod response genes in a diverse set of North American high latitude winter wheat genotypes*», PLoS ONE, 13(8): e0203068.
33. Wilhelm E. P., Turner A. S., Laurie D. A. (2009) «*Photoperiod insensitive Ppd-A1a mutations in tetraploid wheat* (*Triticum durum Desf.*)», Theor Appl Genet, 118, 2, pp. 285–294.
34. Worland A. J., Borner A., Korzun V., Li W. M, Petrovic S., Sayers E. J. (1998) «*The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheats*», Euphytica, 100, pp. 385–394.
35. Worland A. J. (1996) «*The influence of the flowering time genes on environmental adaptability in European wheats*», Euphytica, 89, pp. 49–57.
36. Würschum T., Langer S. M., Longin C., Tucker M. R., Leiser W. L. (2018) «*A three component system incorporating Ppd D1, copy number variation at Pp dB1, and numerous small effect quantitative trait loci facilitates adaptation of heading time in winter wheat cultivars of worldwide origin*», Plant Cell Environ, 41, 6, pp. 1407–1416.
37. Xiao J., Xu S., Li C., Xu Y., Xing L. et al. (2014) «*O-GlcNAc-mediated interaction between VER2 and TaGRP2 elicits TaVRN1 mRNA accumulation during vernalization in winter wheat*», Nature Communications, 5, (4572).
38. Zhang X. K., Gao M., Wang S., Chen F., Cui D. (2015) «*Allelic variation at the vernalization and photoperiod sensitivity loci in Chinese winter wheat cultivars* (*Triticum aestivum L.*)», Front Plant Sci, 6, pp. 470.

УДК 582.284:576.356:633.11+16 doi 10.18524/2077-1746.2019.1(44).167886

О. Л. Січняк, к.б.н., доцент,
С. Л. Мірось, к.б.н., доцент,
К. О. Довганюк, магістр
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра генетики та молекулярної біології,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: a.sechnyak@onu.edu.ua

ЦИТОГЕНЕТИЧНІ ЕФЕКТИ *FUSARIUM GRAMINEARUM* SCHWABE НА ЗЛАКОВІ КУЛЬТУРИ

Досліджували вплив інокулюма *Fusarium graminearum* Schwabe на паростки ячменю та м'якої пшениці. Метаболіти інокулюма достовірно знижують енергію проростання і схожість насіння, а також мітотичний індекс кореневої меристеми м'якої пшениці та ячменю. За їх впливу достовірно збільшилась частка клітин з порушеннями. Спостерігали хромосомні аберації, відбитком яких було утворення мостів, фрагментів та відставання хромосом, а також асиметричний мітоз та комплексні порушення мітозу.

Ключові слова: *Fusarium graminearum*; пшениця м'яка; ячмінь; мітотичний індекс; анафазний тест; порушення мітозу.

В Україні фузаріоз зернових культур проявляється масштабно та стабільно. Крім значних втрат врожаю, він погіршує якість вирощеної продукції [10]. Фузаріоз колосу широко розповсюджений у зоні культивування пшениці (*Triticum aestivum* L.) та ячменю (*Hordeum vulgare* L.). У всьому світі хвороба викликає значні економічні втрати через зниження врожаю та якості зерна [21]. *Fusarium graminearum* заражає колосся і, як наслідок, насіння часто містить трихотеценові мікотоксини, що становить небезпеку для тварин і людей [16].

Види *Fusarium* заражають ячмінь після цвітіння [13] и заселяють епітеліальні волоски зав'язі з наступною інвазією в каріопсис [25]. У пшениці колос також заражається під час цвітіння, однак гриб спочатку колонізує поверхню квіток, а потім проникає у їх тканини і розповсюджується по колосу, що врешті-решт призводить до ушкодження всього колосу [12]. У пшениці виділяють резистентність типу I (стійкість до вихідної інфекції) і типу II (стійкість до розповсюдження інфекції) [22]. Для ячменю характерна наявність природної стійкості II типу: симптоми хвороби не розповсюджуються в колосі навіть у сприйнятливих сортів [13]. Під час інфекції *F. graminearum* росте у міжклітинному просторі без симптомів, а потім проникає у середину клітин і викликає загибель клітин рослини-господаря [11]. Вірулентність *F. graminearum* пов'язана з експресією генів, які кодують ферменти деградації клітинної стінки рослин,

© О. Л. Січняк, С. Л. Мірось, К. О. Довганюк, 2019

протеази, ліпази і ферменти для біосинтезу трихоценів [18, 26]. Чимало робіт присвячені відповіді ячменю та пшениці на інфекцію *F. graminearum*, ідентифіковані гени, які забезпечують стійкість рослин до патогенів [14].

Мікотоксинам фузаріуму властива не лише загальна токсичність, але й є відомості про прояви цитогенетичної генотоксичності [3]. Є ряд робіт, в яких досліджуються цитогенетичні ефекти окремих мікотоксинів [7, 23, 24, 27]. Однак набагато більша увага приділяється впливу мікотоксинів на організм людини і тварин.

Метою даної роботи була оцінка цитогенетичної генотоксичності інокулюму *Fusarium graminearum* Schwabe на паростках ячменю та м'якої пшениці. Цей вид є найбільш частою причиною фузаріозу колоса і посідає друге місце серед збудників кореневих гнилей злаків у Степу України [1]. Вибір тест-об'єктів зумовлений помірною стійкістю/чутливістю зазначених культур до фузаріозу (4–5 балів).

Матеріали і методи дослідження

Матеріалом для досліджень слугували м'яка пшениця (*T. aestivum* L.) сорту Куяльник та ячмінь (*H. vulgare* L.) сорту Росава. Обидва сорти створені у Селекційно-генетичному інституті – Національному центрі насіннєзнавства та сортовивчення [5].

Маточні культури інокулюму *F. graminearum* Schwabe, штам К-90 напрацьовували на рідкому солодовому середовищі [2].

Для визначення енергії проростання та схожості насіння його пророщували у чашках Петрі на вологому фільтрувальному папері у термостаті при +26 °С. У кожну чашку поміщали по 25 насінин, всього в кожному варіанті досліду використовували 100 насінин. Енергію проростання і схожість насіння визначали згідно [6]. В контролі використовували дистильовану воду з додаванням чистого середовища, в експерименті – замість води використовували підготовлений інокулюм *F. graminearum* Schwabe. Концентрація інфекційних структур (шматочки міцелію, конідії) в 1 мл інокулюма становила $2,5*10^6$–10^7.

Для цитогенетичних досліджень в кореневій меристемі насіння пророщували у чашках Петрі, чергуючи тепло та холод. Ніч перед фіксацію паростки знаходилися у холодильнику. Вранці їх переносили у тепло (ячмінь на 1 годину 40 хвилин, пшеницю – на 2,5 години). Потім корінці фіксували у оцтовому алкоголі (3:1) [8]. Генотоксичність інокулюму оцінювали за допомогою анафазного метода [4], досліджуючи кореневу меристему паростків. Фіксовані корінці забарвлювали 1 % оцтокарміном.

Отримані результати опрацьовували статистично [9], обраховуючи середні значення і похибки середніх для абсолютних величин і даних альтернативної мінливості. Для аналізу результатів використовували критерій Стьюдента.

Результати досліджень та їх обговорення

Енергія проростання як пшениці, так і ячменю за дії інокулюма *F. graminearum* знизилась (табл. 1) майже у 1,5–2 рази у порівнянні з контролем (P≤0,001). Схожість насіння також істотно знизилась порівняно з контролем, хоча і в меншому ступені, ніж енергія проростання.

Таблиця 1

Енергія проростання та лабораторна схожість насіння пшениці та ячменю за дії токсинів гриба *Fusarium graminearum* Schwabe (n=100)

Вид, сорт	Контроль		Інокулюм	
	енергія проростання, %	схожість, %	енергія проростання, %	схожість, %
Triticum aestivum L. сорт Куяльник	86±3,5	98±1,4	58±4,9***	69±4,6***
Hordeum vulgare L. сорт Росава	88±3,2	96±2,8	45±5,0***	58±4,9***

Примітка: *** – різниця з контролем достовірна при P≤0,001

Зниження схожості насіння за дії інокулюма *F. graminearum* знайшло відбиток і у зменшенні мітотичного індексу в кореневій меристемі паростків (табл. 2). В обох випадках спостерігали достовірне зниження мітотичного індексу, причому ячмінь реагував на дію токсинів сильніше, пригнічення мітотичних поділів у нього було більшим, ніж у пшениці.

Таблиця 2

Мітотичний індекс (%) в кореневій меристемі паростків пшениці та ячменю за дії токсинів гриба *Fusarium graminearum* Schwabe (n=1000)

Вид, сорт	Контроль	Інокулюм
Triticum aestivum L. сорт Куяльник	7,1±0,8	4,8±0,7*
Hordeum vulgare L. сорт Росава	8,5±0,9	3,5±0,6***

Примітка: * – різниця з контролем достовірна при P≤0,05;
*** – різниця з контролем достовірна при P≤0,001

За звичайних умов частка клітин з порушеннями мітозу в кореневій меристемі паростків пшениці та ячменю була мінімальною (табл. 3), тоді як за дії інокулюма *F. graminearum* частка клітин з порушеннями мітозу суттєво зросла, у ячменю частка клітин з порушеннями була більшою, ніж у пшениці.

В кореневій меристемі паростків пшениці та ячменю за дії інокулюма *F. graminearum* спостерігали різноманітні класи порушень мітозу: хромосомні аберації, проявом яких було утворення мостів (рис. 1), фрагментів, асиметричний мітоз (рис. 2), а також комплексні порушення мітозу, тобто в одній клітині спостерігали декілька типів порушень.

Таблиця 3

Частота клітин з порушеннями мітозу в кореневій меристемі паростків пшениці та ячменю за дії токсинів гриба *Fusarium graminearum* Schwabe

Вид, сорт	Контроль	Інокулюм
Triticum aestivum L. сорт Куяльник	2,8±1,0	14,8±4,0**
Hordeum vulgare L. сорт Росава	2,5±1,4	18,5±4,1***

Примітка:** – різниця з контролем достовірна при P≤0,01
*** – різниця з контролем достовірна при P≤0,001

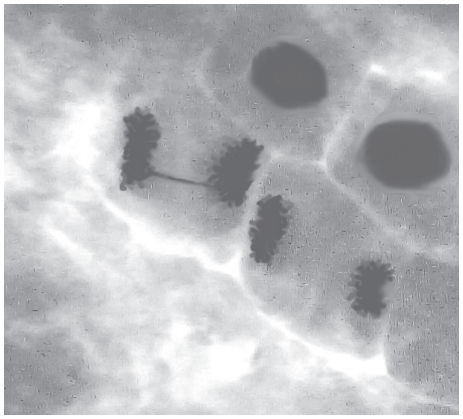


Рис. 1. Пізня анафаза з мостом. Рання нормальна телофаза. Окуляр х40. Об'єктив х15.

Рис. 2. Асиметричний мітоз. Окуляр х40. Об'єктив х15.

Хромосомні аберації були найбільш частим класом порушень мітозу (табл. 4). Частота хромосомних аберацій у пшениці збільшилась майже в три рази, порівняно з контролем, а у ячменю – майже в чотири рази. Асиметричний мітоз в контролі не спостерігали, однак за дії інокулюма *F. graminearum* частка асиметричних мітозів ненабагато поступалася частоті клітин з хромосомними абераціями. Частка клітин з комплексними порушеннями була найменшою, але достовірно більшою, ніж у контролі.

Таблиця 4

Спектр порушень мітозу в кореневій меристемі паростків пшениці та ячменю за дії токсинів гриба *Fusarium graminearum* Schwabe

Вид, сорт	Варіант досліду	Частота клітин, %		
		з хромосомними аберраціями	з асиметричним мітозом	з комплексними порушеннями
Triticum aestivum L. сорт Куяльник	Контроль n=250	2,8±1,0	0,4±0,4[1]	0,4±0,4[1]
	Інокулюм n=270	7,4±1,6*	5,2±1,4**	2,2±0,9
Hordeum vulgare L. сорт Росава	Контроль n=240	2,5±1,4	0,4±0,4[1]	0,4±0,4[1]
	Інокулюм n=252	9,9±1,9**	5,2±1,4**	2,4±1,0

Примітка: [1] – показник розрахований з використанням поправки Ван-дер-Вардена
* – відмінності від контролю достовірні при P≤0,05
** – різниця з контролем достовірна при P≤0,01

Асиметрія поділу була зумовлена не лише нерівним розходженням хромосом, але й порушенням орієнтації веретена поділу. Пошкодження веретена поділу нерідко супроводжувалося й розщепленням полюсів поділу, що призводило в підсумку до багатополюсного мітозу. Хоча частка асиметричних мітозів була меншою, ніж частка поділів з хромосомними аберраціями, однак дана аномалія за дії інокулюма *F. graminearum* збільшилася у 13 разів. Ріст комплексних аномалій мітоза був менш суттєвий – майже в 6 разів. Таким чином, збільшення аномалій мітозу за дії інокулюма гриба відбулося переважно за рахунок пошкоджень веретена поділу.

Дослідження, проведене в 24 ізолятах *Fusarium graminearum,* зібраних зі злаків в культурі *in vitro* показало велику гетерогенність грибних популяцій – від активного продукування мікотоксинів до повної відсутності цього процесу [17]. В ізолятах, які продукували мікотоксини, було виявлено дезоксиніваленол (DON), діацетоксисцирпенол (DAS), фусаренон-X (FX), зеараленол (ZOL) і зеараленон (ZEA) [17].

Токсин DON викликає пошкодження мембран, про що свідчить вивільнення іонів Na і K у розчин [15]. D. Packa виявила за дії DON зменшення мітотичного індексу в кореневій меристемі жита, пшениці, тритикале і кінських бобів [23]. Хромосомні та ядерні аномалії включали спіралізацію метафазних хромосом та численні ана- та телофазні мости [23].

Токсин DAS [20] знижує життєздатність паростків та зменшує мітотичний індекс у жита і кінських бобів. Меншу чутливість до нього мають тритикале і пшениця. Дія DAS характеризується зміною тривалості фаз мітотичного поділу: суттєво збільшується кількість клітин на стадії метафази, збільшується і кількість аномалій метафазних хромосом (спіралізація, С-метафази, збільшення кількості хромосом, зірчасті хромосоми). Такі хромосомні аномалії вини-

кають внаслідок пошкоджень мітотичного веретена, викликаних порушенням синтезу білків, особливо білків мікротрубочок веретена [23].

Дослідження механізмів дії цитотоксичних ефектів DAS і DON на меристематичних клітинах *T. aestivum*, *S. cereale* та *V. faba* показало, що зазначені токсини збільшують співвідношення G_2/G_1 (частка ядер 4*c* збільшена) і зменшують мітотичний індекс. Надмірна конденсація профазних хромосом (у злаків) і мета- та анафазних хромосом (у *V. faba*) призводила до відповідних змін у фазових індексах. З'ясовано, що токсини DAS і DON можуть діяти і як інгібітори веретена поділу, перешкоджаючи нормальної течії мітозу. Наслідком дії DAS була зупинка клітинного циклу під час мітозу, в той час як дія DON здійснювала блокаду в фазі G_2 і запобігала початку мітозу [24].

З'ясовано, що ZEA має меншу фітотоксичність. Паростки жита, пшениці тритикале та кінських бобів різняться за своєю реакцією на дію ZEA. У жита мітотична активність збільшилася, а у пшениці та кінських бобів – зменшилася. При цьому не спостерігали жодних хромосомних аномалій [23]. Результати одночасного застосування DON і ZEA свідчать про їх адитивну і, можливо, синергічну дію [19].

Виявлені в інших дослідженнях чинники добре пояснюють переважання в представленій роботі ушкоджень, які стосуються саме мітотичного веретена. Що стосується показників мітотичного індексу, то ступінь його пригнічення був більший, ніж виявлений в роботі [7]. Можливими причинами цього є використання в представленій роботі інокулюма гриба, який містить суміш токсинів, здатних до адитивної дії [19], а не окремого мікотоксину. Крім того, не можна виключати генотипові особливості використаних злаків, а також і особливості використаної культури гриба.

Висновки

1. Метаболіти культуральної рідини *Fusarium graminearum* достовірно знижують енергію проростання і схожість насіння, а також мітотичний індекс кореневої меристеми м'якої пшениці та ячменю.
2. За впливу метаболітів інокулюма патогенного гриба достовірно збільшилась частка клітин з аберраціями. Серед порушень спостерігали хромосомні аберації, відбитком яких було утворення мостів, фрагментів та відставань хромосом, а також асиметричний мітоз та комплексні порушення мітозу.

Стаття надійшла до редакції 17.01.2019

Список цитованої літератури

1. Бабаянц О. В. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней / О. В. Бабаянц, Л. Т. Бабаянц. – Одесса: ВМВ, 2014. – 401 с.
2. Билай В. И. Фузарии / В. И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1977. – 444 с.

3. Волощук С. І. Індукована дією культуральних фільтратів патогенів in vitro цитологічна нестабільність як причина довготривалої сомаклональної мінливості у пшениці / С. І. Волощук, Г. Д. Волощук, В. С. Гірко // Вчимося господарювати: Матер. наук.-практ. семінару мол. вчених і спец. (Ч. ІІ). 22-23 листопада 1999 р. – Київ – Чабани.– К.: Нора-Прінт, 1999. – С. 32-33.
4. Гостимский С. А. Практикум по цитогенетике / С. А. Гостимский, М. И. Дьякова, Е. В. Ивановская и др.. – М.: Изд-во МГУ, 1974. – 172 с.
5. Каталог сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення / за ред. В. М. Соколова. – Одеса, 2016. – 172 с.
6. Насіння сільськогосподарських культур: Методи визначення якості : ДСТУ 4138-2002. – [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Держстандарт України, 2003. – 173 с. – (Національні стандарти України).
7. Нежигай Л. М. Реакція мітотичного апарату сортів пшениці м'якої озимої на дію дезоксиніваленолу / Л. М. Нежигай, Т. М. Чеченєва, Н. М. Куцоконь // Наук. доп. НУБіП України. – 2010. – № 6(22) – Електр. дан. – Реж. дост.: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2010_6/10nlmsww.pdf
8. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
9. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. − Минск: Вышэйшая школа, 1973. − 319 с.
10. Фузаріози культурних рослин: основи біології та шляхи контролювання / В. В. Швартау, О. А. Зозуля, Л. М. Михальська, О. Ю. Санін– К.: Логос, 2016. – 164 с.
11. Brown N. A. The infection biology of *Fusarium graminearum*: defining the pathways of spikelet to spikelet colonisation in wheat ears / N. A. Brown, M. Urban, A. M. van de Meene, K. E. Hammond-Kosack // Fungal Biol. – 2010. – Vol. 114, №7. – P. 555-571. doi: 10.1016/j.funbio.2010.04.006.
12. Brown N. A. Characterisation of the Fusarium graminearum-wheat floral interaction / N. A. Brown, C. Bass, T. K. Baldwin, H. Chen, F. Massot, P. W. Carion, M. Urban, A. M. van de Meene, K. E. Hammond-Kosack // J. Pathog. – 2011. – Vol. 2011. – Article ID 626345, 9 pages. doi: 10.4061/2011/626345.
13. Bushnell W. R. Histology and physiology of Fusarium head blight / W. R. Bushnell, B. E. Hazen, C. Pritsch. – In: Leonard K. J., Bushnell W.R, editors. Fusarium head blight of wheat and barley. – St. Paul: The American Phytopathological Society; 2003.– P. 44-83.
14. Catalogue of Gene Symbols for Wheat / R. A. McIntosh, J. Dubcovsky, W. J. Rogers, C. Morris, R. Appels, X. C. Xia, 2013. https://maswheat.ucdavis.edu/CGSW/
15. Cossette F. Phytotoxic effect of deoxynivalenol and gibberella ear rot resistance of corn / F. Cossette, J. D. Miller // Nat. Toxins. – 1995. – Vol. 3. – P. 383-388.
16. Desjardins A. E. Mycotoxins in plant pathogenesis / A. E. Desjardins, T. M. Hohn // Mol. Plant Microbe Interact. – 1997. – Vol. 10, № 2. – P. 147–152. doi: 10.1094/MPMI.1997.10.2.147.
17. Geraldo M. R. F. Production of mycotoxins by Fusarium graminearum isolated from small cereals (wheat, triticale and barley) affected with scab disease in Southern Brazil / M. R. F. Geraldo, D. J. Tessmann, C. Kemmelmeier // Braz. J. Microbiol. – 2006. – Vol. 37, № 1. – P. 58-63.
18. Kazan K. On the trail of a cereal killer: recent advances in Fusarium graminearum pathogenomics and host resistance / K. Kazan, D. M. Gardiner, J. M. Manners // Mol Plant Pathol. – 2012. – Vol. 13, № 4. – P. 399-413. doi: 10.1111/j.1364-3703.2011.00762.x.
19. McLean M. The phytotoxicity of selected mycotoxins on mature, germinating *Zea mays* embryos / M. McLean // Mycopathologia. – 1995. – Vol. 132, №3. – P. 173-183.
20. McLean M. The phytotoxicity of *Fusarium* metabolites: An update since 1989 / M. McLean // Mycopathologia. – 1996. – Vol. 133, № 3. – P. 163-179.
21. McMullen M. Scab of wheat and barley: a re-emerging disease of devastating impact / M. McMullen, R. Jones, D. Gallenberg // Plant Dis. – 1997. – Vol. 81, № 12. – P. 1340-1348. doi: 10.1094/PDIS.1997.81.12.1340.
22. Mesterházy A. Types and components of resistance to Fusarium head blight of wheat / A. Mesterházy // Plant Breed. – 1995. – Vol. 114, № 5. – P. 377-386. doi: 10.1111/j.1439-0523.1995.tb00816.x.
23. Packa D. Cytogenetic changes in plant cells as influenced by mycotoxins / D. Packa // Mycotox. Res. – 1991. – Vol. 7, Suppl. 2. – P. 150-155.
24. Packa D. Trichothecene fusarial toxins perturb the cell cycle in meristematic cells of Secale cereale L., *Triticum aestivum* L. and *Vicia faba* L. / D. Packa, E. Sliwinska // Caryologia. – 2005. – Vol. 58, № 1. – P. 86-93.
25. Skadsen R.W. Use of Fusarium graminearum transformed with gfp to follow infection patterns in barley and Arabidopsis / R. W. Skadsen, T. M. Hohn // Physiol. Mol. Plant Path. – 2004. – Vol. 64, № 1. – P. 45–53. doi: 10.1016/j.pmpp.2004.04.003.
26. Walter S. Action and reaction of host and pathogen during Fusarium head blight disease / S. Walter, P. Nicholson, F. M. Doohan // New Phytol. – 2010. – Vol. 185, № 1. – P. 54-66. doi: 10.1111/j.1469-8137.2009.03041.x.
27. Wiśnewska H. Influence of deoxynivalenol on mitosis of root tip cells of wheat seedlings / H. Wiśnewska, J. Chełkowski // Acta Physiol. Plantarum. – 1994. – Vol. 16, № 3. – P. 159-162.

А. Л. Сечняк, **С. Л. Мирось, Е. А. Довганюк**
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра генетики та молекулярной биологии,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина,
e-mail: a.sechnyak@onu.edu.ua,

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ *FUSARIUM GRAMINEARUM* SCHWABE НА ЗЛАКОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Резюме
Проблема. В Украине фузариоз зерновых культур проявляется масштабно и стабильно. Микотоксинам фузариума свойственна не только общая токсичность, но цитогенетиченская генотоксичность.
Целью работы является оценка цитогенетической генотоксичности инокулюма *Fusarium graminearum* Schwabe.
Материалы и методы. Использовали мягкую пшеницу Куяльник, ячмень Росава, штамм К-90 *F. graminearum*. Энергию прорастания и всхожесть семян определяли по стандарту, генотоксичность – анафазным тестом.
Основные результаты исследования. Воздействие инокулюма достоверно снижало энергию прорастания и, в меньшей мере, всхожесть семян пшеницы и ячменя, а также приводило к снижению митотического индекса в корневой меристеме проростков. У ячменя митозы подавлялись сильнее, чем у пшеницы. Достоверно возросла доля клеток с нарушениями митоза, у ячменя в большей мере, чем у пшеницы. Наблюдали хромосомные аберрации (мосты, фрагменты), асимметричный митоз и комплексные нарушения (в одной клетке несколько типов нарушений). Частота хромосомных аберраций у пшеницы возросла в 2,6 раза по сравнению с контролем, а у ячменя – в 4 раза. Асимметрия обусловлена неравным расхождением хромосом и нарушением ориентации веретена деления. Повреждение веретена нередко сочеталось с расщеплением полюсов деления, что приводило к многополюсному митозу. Доля асимметричных митозов в результате воздействия инокулюма возросла в 13 раз.
Выводы. Метаболиты инокулюма *Fusarium graminearum* достоверно снижают энергию прорастания и всхожесть семян, митотический индекс корневой меристемы мягкой пшеницы и ячменя. При этом достоверно возросла доля клеток с хромосомными аберрациями, асимметричным митозом и комплексными нарушениями митоза.

Ключевые слова: *Fusarium graminearum*, пшеница мягкая, ячмень, митотический индекс, анафазний тест, нарушения митоза

A. L. Sechniak, **S. L. Miros**, **E. A. Dovganiuk**
Odesa Mechnykov National University, Department of Genetics
and Molecular Biology,
2, Dvoryanska str, Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: a.sechnyak@onu.edu.ua

CYTOGENETIC EFFECTS OF FUSARIUM GRAMINEARUM SCHWABE ON CEREAL CULTURES

Abstract
Problem. Fusarium wilt of cereals is manifested on a large scale and in a stable way in Ukraine. Fusarium mycotoxins are characterized not only by general toxicity but cytogenetic genotoxicity.
The aim of the work is to assess the cytogenetic genotoxicity of the *Fusarium graminearum* Schwabe inoculum.
Materials and methods. Bread wheat Kuyalnik, barley Rosava, strain K-90 of *F. graminearum* were used. The vigour and germination of seeds were determined by the standard, genotoxicity – by anaphase test.
The main results of the study. The impact of the inoculum significantly reduced the vigour and to a lesser extent the seeds germination of wheat and barley as well as reduced mitotic index in the root meristem of seedlings. The barley mitoses were suppressed more strongly than in wheat. The proportion of cells with impaired mitosis significantly increased in barley more than in wheat. Chromosomal aberrations (bridges, fragments), asymmetric mitosis, and complex disorders (several types of disorders in one cell) were observed. The frequency of chromosomal aberrations in wheat increased by 2.6 times compared with the control, and in barley – by 4 times. The asymmetry was due to unequal chromosome separation and a disorder in the orientation of the spindle. The spindle damage was often combined with splitting of the division poles, which led to multipolar mitosis. There was a 13-fold increase in proportion of asymmetric mitoses resulting from the exposure to the inoculum.
Conclusion. The inoculum metabolites of *Fusarium graminearum* significantly reduce the germination energy and seed germination, the mitotic index of the bread wheat and barley meristem. At the same time, the proportion of cells with chromosomal aberrations, asymmetric mitosis and complex mitosis disorders significantly increased.

Key words: *Fusarium graminearum;* bread wheat; barley; mitotic index; anaphase test; mitosis disorders

References

1. Babayants O. V., Babayants L. T. (2014) *Basics of selection and methodology of wheat resistance estimates for pathogens of diseases* [Osnovy selektzii i metodologiya otzenok ustoychivosti pshenitzy k vozbuditelyam bolezney], Odessa, WMW, 401 p.
2. Bilay V. I. (1977) *Fusaria* [Fusii], Kiev, Naukova Dumka, 444 p.
3. Voloshchuk S. I., Voloshchuk G. D., Girko V.S. (1999) Induced by the action of culture filtrate pathogens in vitro, cytological instability as a cause of long-term somaclonal variability in wheat [Indukovana dieyu kul'tural'nykh fil'trativ patogeniv in vitro tzitologichna nestabil'nist' yak prychyna dovgotryvaloi somaklo9nal'noi minlyvosti u pshenitzy] // *Vchymosya gospodoryuvatu*: *Mater. sci. pract. workshop scientists and specialist (Ch. II). November 22-23, 1999, Kyiv – Chabany*, Kyiv, Nora Print, 32-33.

4. Gostemskii S. A., Dyakova M. I., Ivanovskaya E. V. et al. (1974) *Workshop on cytogenetics* [Praktikum po tzitogenetike], Moscow, MGU 172 p.
5. *Catalog of varieties and hybrids of the Selection-Genetic Institute – National Center for Seed and Varieties Studies* (2016) [Selekciyno-genetichniy institut – nacional'niy centr nasinnieznavstva ta sortovivchennya], ed. V. M. Sokolov, Odessa, 172 p.
6. Seeds *of agricultural crops: Methods of determining quality: DSTU 4138-2002*, [Effective from 01/01/2004], Kiev, Gosstandart of Ukraine, 173 p. (National standards of Ukraine).
7. Nezhigay L. M., Chechenieva T. M., Kutsokon' N. M. (2010) The reaction of the mitotic apparatus of soft winter wheat varieties on the action of deoxynivalenol [Reaktziya mitotychnogo aparatu sortiv pshenitzy myakoi ozymoi na diyu desokinivalenolu], *Nauk. Dop. NUBiP Ukrainy*, 6(22), http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2010_6/10nlmsww.pdf
8. Pausheva Z. P. (1988) Workshop on plant cytology [Praktikum po tzitologii rasteniy], Moscow, Agropromizdat, 271 p.
9. Rokitsky P. F. (1973) *Biological statistics* [Biologicheskaya statistika], Minsk, Vysheishaya shkola, 319 p.
10. Shvartau V. V., Zozulya O. A., Mikhalskaya L. M., Sanin O. Yu. (2016) *Fusariosis of Cultivated Plants: Fundamentals of Biology and Methods of Control* [Fusariosy kulturnykh roslyn: osnovy biologii nf shlyakhy kontrolyuvannya], Kiev, Logos, 164 p.
11. Brown N.A., Urban M., van de Meene A. M., Hammond-Kosack K. E. (2010) The infection biology of *Fusarium graminearum*: defining the pathways of spikelet to spikelet colonisation in wheat ears, *Fungal Biol*, 114, 7, pp. 555-571. doi: 10.1016/j.funbio.2010.04.006.
12. Brown N. A., Bass C., Baldwin T.K., Chen H., Massot F., Carion P.W., Urban M., van de Meene A. M., Hammond-Kosack K. E. (2011) Characterisation of the Fusarium graminearum-wheat floral interaction, *J. Pathog,* 2011. Article ID 626345, 9 pages. doi: 10.4061/2011/626345.
13. Bushnell W. R., Hazen B. E., Pritsch C (2003). Histology and physiology of Fusarium head blight, Fusarium head blight of wheat and barley, St. Paul: The American Phytopathological Society, p. 44-83.
14. Catalogue of Gene Symbols for Wheat, R. A. McIntosh, J. Dubcovsky, W. J. Rogers, C. Morris, R. Appels, X. C. Xia, (2013) https://maswheat.ucdavis.edu/CGSW/
15. Cossette F., Miller J. D. (1995) Phytotoxic effect of deoxynivalenol and gibberella ear rot resistance of corn, Nat. Toxins, 3, pp. 383-388.
16. Desjardins A. E., Hohn T. M. Mycotoxins in plant pathogenesis (1997) *Mol. Plant Microbe Interact*, 10, 2, pp. 147–152. doi: 10.1094/MPMI.1997.10.2.147.
17. Geraldo M. R. F., Tessmann D. J., Kemmelmeier C. (2006) Production of mycotoxins by Fusarium graminearum isolated from small cereals (wheat, triticale and barley) affected with scab disease in Southern Brazil, *Braz. J. Microbiol*, 37, 1, pp. 58-63.
18. Kazan K., Gardiner D. M., Manners J. M. (2012) On the trail of a cereal killer: recent advances in Fusarium graminearum pathogenomics and host resistance, Mol Plant Pathol, 13, 4, pp. 399-413. doi: 10.1111/j.1364-3703.2011.00762.x.
19. McLean M. (1995) The phytotoxicity of selected mycotoxins on mature, germinating *Zea mays* embryos, *Mycopathologia*, 132, 3, pp. 173–183.
20. McLean M. (1996) The phytotoxicity of *Fusarium* metabolites: An update since 1989, *Mycopathologia,* 133, 3, pp. 163-179.
21. McMullen M., Jones R., Gallenberg D. (1997) Scab of wheat and barley: a re-emerging disease of devastating impact, *Plant Dis,* 81, 12, pp. 1340–1348. doi: 10.1094/PDIS.1997.81.12.1340.
22. Mesterházy A. (1995) Types and components of resistance to Fusarium head blight of wheat, *Plant Breed*, 114, 5, pp. 377-386. doi: 10.1111/j.1439-0523.1995.tb00816.x.
23. Packa D. (1991) Cytogenetic changes in plant cells as influenced by mycotoxins, *Mycotox. Res*., 7, 2, pp. 150-155.
24. Packa D., Sliwinska E. (2005) Trichothecene fusarial toxins perturb the cell cycle in meristematic cells of Secale cereale L., Triticum aestivum L. and Vicia faba L., *Caryologia*, 58, 1, pp. 86-93.
25. Skadsen R. W., Hohn T. M. (2004) Use of Fusarium graminearum transformed with gfp to follow infection patterns in barley and Arabidopsis, *Physiol. Mol. Plant Path*., 64, 1, pp. 45–53. doi: 10.1016/j.pmpp.2004.04.003.
26. Walter S., Nicholson P., Doohan F. M. (2010) Action and reaction of host and pathogen during Fusarium head blight disease, *New Phytol*., 185, 1, pp. 54-66. doi: 10.1111/j.1469-8137.2009.03041.x.
27. Wiśnewska H., Chełkowski J. (1994) Influence of deoxynivalenol on mitosis of root tip cells of wheat seedlings, *Acta Physiol. Plantarum*, 16, 3, pp. 159-162.

ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

УДК 574.5/.6:597.2/.5(026.04)(477.74)"2016/2017"
doi 10.18524/2077-1746.2019.1(44).168806

В. В. Заморов[1], к.б.н., доцент
Ю. В. Караванський[1], ст. викладач
С. Ю. Чернікова[2], науковий співробітник
[1] Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра гідробіології та загальної екології,
вул. Дворянська, 2, 65082, Одеса, Україна, e-mail: v.zamorov@onu.edu.ua
[2] Одеський центр Південного науково-дослідного інституту морського рибного господарства і океанографії, проспект Шевченка, 12, 68058, Одеса, Україна

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ІХТІОФАУНИ В ПРИБЕРЕЖНІЙ ЗОНІ МОРЯ ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ У 2016–2017 РР.

Проаналізовано склад сіткових уловів риби в Одеський затоці у 2016–2017 роках з метою моніторингу стану прибережного іхтіоценозу, що є важливою складовою морських гідроекологічних досліджень протягом багатьох десятиліть. Робота також містить порівняльний аналіз особистих результатів досліджень з даними літератури за попередні роки.

Ключові слова: іхтіофауна; улови; Одеська затока.

Вивчення іхтіофауни в прибережній зоні моря біля Одеси вперше було проведене на початку XX сторіччя. Роботи К. Киселевича і О. В. Яцентковського [6; 12] свідчать про досить велике видове багатство риб, а також їх високу чисельність в цьому районі. В той час у берегів Одеси зустрічалося 75 видів риб. Із зазначеного списку в Одеській затоці виявлено 60 видів. Серед них були як типово морські – чорноморський калкан *Psetta maeotica* (Pallas), кефалі сингіль *Liza aurata* (Risso) і гостроніс *L. saliens* (Risso), чорноморський сарган *Belone euxini* Günter, так і прісноводні види – короп *Cyprinus carpio* (Linnaeus) і чехоня *Pelecus cultratus* (Linnaeus), поява яких пов'язана з опрісненням води в затоці під час весняного стоку річок.

У другій половині XX сторіччя в результаті антропогенного впливу структура морських іхтіоценозів значно змінилася. Відбулося не тільки скорочення видового багатства, а й змінився якісний склад риб, які мешкали в Одеській затоці. У 70–90-і роки тут налічували 47 видів риб, два з яких – короп і срібний карась *Carassius gibelio* (Bloch) є прісноводними [3].

Зниження антропогенного навантаження у 90-ті роки минулого сторіччя вплинуло на стан морської екосистеми північно-західної частини Чорного моря в цілому і Одеської затоки зокрема. Процес самовідновлення морських біоценозів проявився в збільшенні видового складу риб та їх чисельності. На

© В. В. Заморов, Ю.В. Караванський, С. Ю. Чернікова, 2019

кінці 90-х років біля берегів Одеси виявлено 55 видів риб. Стало більше видів морських собачок Blennidae, зросла чисельність камбали калкана і морського коника *Hippocampus guttulatus* Cuvier. Як і раніше, найбільш чисельними видами залишалися бичкові риби (бичок кругляк *Neogobius melanostomus* (Pallas), бичок рижик *Neogobius eurycephalus* (Kessler), бичок чорноморсько-азовський (сурман) *N. cephalargoides* Pinchuk, бичок-мезогобіус жабоголовий *Mesogobius batrachocephalus* (Pallas)) і атерина чорноморська *Atherina pontica* (Eichwald, 1831) [7; 10].

Сучасний стан іхтіофауні Одеської затоки вивчається співробітниками Одеського національного університету імені І. І. Мечникова з 2005 року. В результаті шестирічних досліджень у 2005–2010 рр. в Одеській затоці виявлено 47 видів риб, які належать 15 рядам, 27 родинам та 38 родам [11].

За даними Ю. В. Квача [5] із 47 видів риб, які відзначалися на мілководді Одеської затоки упродовж 2011–2014 рр. зареєстровано 28, що становить близько 60 % іхтіофауни водойми. Найбільше видів спостерігалося у 2014 році (25 видів), найменше – у 2012 році (9 видів).

Актуальним є проведення постійного моніторингу стану морської іхтіофауни, що і було метою наших досліджень.

Матеріал та методи досліджень

Дослідження здійснювали в прибережній акваторії Одеської затоки в районі мису Малий Фонтан з травня по жовтень 2016 року і з квітня по грудень 2017 року під час науково-дослідного лову, який проводили спільно Одеський національний університет імені І. І. Мечникова (ОНУ) і Одеський центр Південного науково-дослідного інституту морського рибного господарства та океанографії (ОЦ ПівденНІРО). Рибу ловили донними зябровими сітками довжиною 10–75 м (розмір вічка 12–30 мм; видалення від берега 200–500 м, глибина 4,5–14,5 м). Сітки виставляли з човна у вечері, перевіряли наступного дня. Всього проаналізовано 55 уловів (у 2016 р. – 24, у 2017 р. – 31).

Таксони риб, їх латинські і українські назви надані за визначником-довідником «Риби України» Ю. В. Мовчана [8].

Під час досліджень у 2016–2017 рр. температура придонної води коливалася від + 4,6 до + 24,5 °С, солоність – від 10,3 до 18,0 ‰.

Результати досліджень та їх обговорення

Всього за час досліджень з квітня 2016 по грудень 2017 року в сітяних уловах виявлено 23 види морських, солоноватоводних і прісноводних риб, які належать до 7 рядів, 17 родин, 19 родів. У 2016 р. виловлено 22 види, у 2017 р. – 14 (табл. 1).

Найбільшою кількістю таксонів представлений ряд Perciformes – 7 родин, 8 родів і 12 видів. Ряд Pleuronectiformes включає 3 родини, 3 роди і 3 види,

Таблиця 1

Таксономічний склад іхтіофауни прибережних вод Одеської затоки, екологічна характеристика, охоронний статус і зустрічальність видів

Таксони	Екологічна характеристика	Охоронний статус	Зустрічальність виду (роки і місяці)					
			2016			2017		
			V – VI	VII – VIII	IX – X	V-VI	VII – VIII	IX – XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Acipenseriformes								
Acipenseridae Севрюга звичайна *Acipenser stellatus* Pallas, 1771	III; М; ПД; Лф	1К; 2К; 3К	-	-	+	-	-	-
Clupeiformes								
Engraulidae Анчоус європейський Engraulis encrasicolus (Linnaeus, 1758)	I; М; П; Пф		+	+	-	-	-	-
Clupeidae Пузанок азово-чорноморський *Alosa tanaica (Grimm, 1901)*	III; М; П; Пф		-	-	+	-	-	+
Шпрот середземноморський *Sprattus phalericus (Risso, 1827)*	I; М; П; Пф		+	-	-	-	-	-
Gadiformes								
Phycidae Тривусий морський минь середземноморський *Gaidropsarus mediterraneus (Linnaeus, 1758)*	I; О; Д; Пф		+	++	++	-	-	-
Gadidae Мерланг чорноморський *Merlangius euxinus (Nordmann, 1840)*	I; М; ПД; Пф		+	+	+	-	+	-
Ophidiiformes								
Ophidiidae Ошибень звичайний *Ophidion rochei* Muller, 1845	I; О; Д; Пф		-	+	-	-	-	-

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Scorpaeniformes								
Scorpaenidae Скорпена чорноморська *Scorpaena porcus* L., 1758	І; О; Д; (Лф) Пф	2К	-	++	+	-	-	++
Perciformes								
Pomatomidae Луфар звичайний *Pomatomus saltatrix (Linnaeus, 1766)*	І; М; П; Пф	1К; 2К	-	-	+	-	-	-
Carangidae Ставрида чорноморська *Trachurus ponticus Aleev, 1956*	І; М; П; Пф		+	+	-	-	-	-
Mullidae Барабуля чорноморська *Mullus ponticus Essipov, 1927*	І; О; Д; Пф	2К	-	++	-	-	++	-
Labridae Зеленушка рябчик *Symphodus cinereus* (Bonnatterre, 1788)	І; О; ПД; Бгн		++	++	++	++	++	++
Зеленушка плямиста *Symphodus. ocellatus* (Forsskål, 1775)	І; О; ПД; Бгн	2К	+	-	-	+	-	-
Trachinidae Морський дракончик великий *Trachinus draco* L., 1758	І; О; Д; Пф	2К	-	-	-	+	+	+
Uranoscopidae Звичайний зіркогляд європейський *Uranoscopus scaber* L., 1758	І; О; Д; Пф	2К	+	-	-	-	-	-

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gobiidae Бичок-мезогобіус жабоголовий *Mesogobius batrachocephalus* (Pallas, 1814)	II; О; Д; Бгн	2К	++	++	++	++	++	++
Бичок чорно-морсько-азовсь-кий *Neogobius cephalargoides* Pinchuk, 1976	II; О; Д; Бгн		++	++	++	++	++	++
Бичок кругляк *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814)	II; О; Д; Бгн		++	++	++	++	++	++
Бичок ратан *Neogobius ratan* (Nordmann, 1840)	II; О; Д; Бгн	2К	++	++	++	++	++	++
Бичок рижик *Neogobiuseury-cephalus* (Kessler, 1874)	II; О; Д; Бгн		++	+	-	++	+	++
Pleuronectiformes								
Scophthalmidae Камбала-калкан чорноморська *Psetta maeotica* (Pallas, 1814)	I; О; Д; Пф		-	+	-	-	-	-
Pleuronectidae Річкова камбала чорноморська *Platichthys luscus (Pallas, 1814)*	I; О; Д; Пф		-	-	+	-	-	+
Soleidae Морський язик піщаний *Pegusa lascaris (Risso, 1810)*	I; О; Д; Пф	2К	++	++	++	++	++	++

Примітка: Еколого-фауністична характеристика виду: I – морський; II – солоноватоводний; III – прохідний; М – мігруючий; О – осілий; Д – донний; П – пелагічний; ПД – придонний; Пф – пелагофільний; Лф – літофільний; Бгн – будує гнізда і охороняє ікру. Охоронний статус: 1К – Червоний список МСОП (як вразливий, в критичному стані, близький до зникнення); 2К – Червона книга Чорного моря; 3К – Червона книга України.
Зустрічальність видів: + – рідкісний вид, ++ – звичайний і чисельний вид.

ряди Gadiformes та Clupeiformes містять по 2 родини, по 2 та 3 роди і види відповідно, Acipenseriformes та Ophidiiformes – 1 родиною, 1 родом і 1 видом.

За кількістю родів домінує родина Gobiidae та Clupeidae – по 2 роди (10,5 % кожна); за кількістю видів – родина Gobiidae – 5 видів (21,7 % від загальної кількості).

Найбільш різноманітним є рід *Neogobius* – 4 види (17,4 %) та *Symphodus* – 2 види (8,7 %). Решта 17 родів представлені одним видом кожен, що становить 73,9 % від загальної кількості видів (табл. 2).

Більшість виявлених в уловах риб (68,2% у 2016 р. і 64,3% у 2017 р.) є власне морськими видами, солонуватоводними – 22,7% і 35,7% відповідно. Прохідні види були відзначені в уловах тільки у 2016 р. (9,1%), прісноводних і напівпрохідних риб за ці два роки в уловах зафіксовано не було.

З травня по жовтень 2016 року значну частину улову (за чисельністю) ставних сіток становив бичок кругляк (38,8 %). Також часто зустрічалися морський язик (26,8 %), бичок сурман (13,5 %) і зеленушка рябчик (11,3 %). Частка інших видів була незначною і становила від 0,06 до 1,9 %. Найбільшу чисельність кругляка спостерігали в травні (24,8 %), а також у жовтні (27,4 %) (табл. 3).

Морський язик масово потрапляв до сіток в липні, під час нерестової міграції в прибережні води затоки (47,2 %). Найбільша кількість особин бичка сурмана виловлена в липні (29,4 %). Абсолютний максимум улову зеленушки рябчика припав на серпень (77,8 % від загального улову за рік).

З квітня по грудень 2017 року значну частину улову (за чисельністю) ставних сіток становив бичок кругляк (42,2 %), менше було бичка сурмана (26,5 %) та морського язика (16,1 %). Частка інших видів була незначною і становила від 0,1 до 4,0 %. Найбільшу чисельність кругляка спостерігали в травні (35,1 %) і жовтні (16,7 %). Найбільша кількість особин бичка сурмана виловлена в серпні та вересні (табл. 4).

Результати наших досліджень, а також дані літератури про видовий склад риб Одеської затоки дають можливість провести порівняльний аналіз іхтіофауни в районі Одеси за минулі роки, починаючи з досліджень К. Киселевича та О. В. Яцентковського [6; 12]. Треба зважати, що результати, отримані різними авторами, в значній мірі залежать від району і методів досліджень, які проводились. Так, К. Киселевич [6] проводив дослідження на ділянці від Одеського порту до селища Кароліно-Бугаз, О. В. Яцентковскій [12] – від села Дофінівка до мису Великий Фонтан. Ф. С. Замбріборщ проводив вивчення іхтіофауни від мису Північний Одеський до мису Великий Фонтан [3]. Дослідження О. К. Віноградова і С. О. Хуторного обмежувалися акваторією одеських пляжів від мису Ланжерон до мису Великий Фонтан [2; 10].

Також змінювалися методи збору матеріалу. К. Киселевич, О. В. Яцентковскій, Ф. С. Замбріборщ [3; 6; 12] аналізували аматорські (на гачок) і сіткові (промислові) улови риби. Наш матеріал зібрано з використанням донних зя-

Таблиця 2

Ранжування таксонів іхтіофауни прибережних вод Одеської затоки за кількістю одиниць, які входять до них (2016–2017 рр.)

Ранжування рядів за кількістю таксонів (n – абсолютні одиниці)								
Ряд	**Число родин**		**Ряд**	**Кількість родів**		**Ряд**	**Кількість видів**	
	n	**%**		**n**	**%**		**n**	**%**
Perciformes	7	41,2	Perciformes	8	42,1	Perciformes	12	52,2
Pleuronectiformes	3	17,6	Pleuronectiformes	3	15,8	Pleuronectiformes	3	13,0
Gadiformes	2	11,8	Gadiformes	2	10,5	Gadiformes	2	8,7
Clupeiformes	2	11,8	Clupeiformes	3	15,8	Clupeiformes	3	13,0
Інші 3 ряди представлені 1 родиною кожний	3	17,6	Інші 3 ряди представлені 1 родом кожний	3	15,8	Інші 3 ряди представлені 1 видом кожний	3	13,0
Всього	**17**	**100**	**Всього**	**19**	**100**	**Всього**	**23**	**100**
Ранжування родин за кількістю таксонів						**Ранжування родів за кількістю видів**		
Родина	Кількість родів		Родина	Кількість видів		Род	Кількість видів	
	n	%		n	%		n	%
Clupeidae	2	10,5	Clupeidae	2	8,7	*Neogobius*	4	17,4
Gobiidae	2	10,5	Labridae	2	8,7	*Symphodus*	2	8,7
			Gobiidae	5	21,7			
Інші 15 родин представлені 1 родом кожна	15	78,9	Інші 14 родин представлені 1 видом кожна	14	60,9	Інші 17 родів представлені 1 видом кожний	17	73,9
Всього	**19**	**100**	**Всього**	**23**	**100**	**Всього**	**23**	**100**

Таблиця 3

Відносна чисельність (%) в уловах окремих видів риб в прибережних водах Одеської затоки з травня по жовтень 2016 р.

Вид риби	Місяць досліджень						Всього особин виду, екз.	Всього за рік від загальної кількості особин всіх видів,%
	V	VI	VII	VIII	IX	X		
A. stellatus	0	0	0	0	0	100	1	0,06
En. encrasicolus	0	100	0	0	0	0	1	0,06
A. tanaica	0	0	0	0	0	100	1	0,06
S. phalericus	0	100	0	0	0	0	1	0,06
O. rochei	0	0	100	0	0	0	1	0,06
M. euxinus	0	25,0	0	0	75,0	0	4	0,26
G. mediterraneus	5,0	0	5,0	5,0	30	55,0	20	1,28
S. porcus	0	0	43,7	0	43,7	12,5	16	1,03
P. saltatrix	0	0	0	0	0	100	3	0,19
T. ponticus	0	50,0	50,0	0	0	0	2	0,13
M. ponticus	0	0	28,6	71,4	0	0	7	0,45
S. cinereus	11,9	1,1	3,4	77,8	5,7	0	176	11,3
S. ocellatus	100,0	0	0	0	0	0	2	0,13
U. scaber	0	0	0	100	0	0	1	0,06
M. batrachocephalus	3,6	21,4	17,9	3,6	28,6	25,0	28	1,8
N. cephalargoides	19,4	19,4	29,4	13,3	10,9	7,6	211	13,54
N. melanostomus	24,8	12,1	7,1	8,8	19,8	27,4	605	38,83
N. ratan	43,3	20,0	3,3	16,7	13,3	3,3	30	1,93
N. eurycephalus	88,2	5,9	5,9	0	0	0	17	1,09
P. maeotica	0	0	100	0	0	0	1	0,06
P. luscus	0	0	0	0	66,7	33,3	3	0,19
P. lascaris	3,6	11,3	47,2	28,8	5,5	3,6	417	26,77
Загальна кількість риб	**1803**							**100%**

Таблиця 4

Відносна чисельність (%) в уловах окремих видів риб в прибережних водах Одеської затоки з квітня по грудень 2017 р.

Вид риби	Місяць досліджень									Всього особин виду, екз.	Всього за рік від загальної кількості особин всіх видів, %
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
M. euxinus	0	0	0	0	16,7	0	0	83,3	0	6	0,56
S. porcus	0	0	0	0	6,7	80,0	13,3	0	0	15	1,41
M. ponticus	0	0	0	33,3	66,7	0	0	0	0	3	0,28
S. cinereus	0	51,3	0	20,5	10,3	12,8	5,1	0	0	39	3,66
S.ocellatus	0	11,8	88,2	0	0	0	0	0	0	17	1,6
A. tanaica	0	0	0	0	0	0	0	100	0	1	0,09
M. batrachocephalus	2,3	0	4,7	9,3	23,3	9,3	18,6	23,3	9,3	43	4,04
N. cephalargoides	0	4,6	13,5	7,4	20,6	20,9	18,4	9,6	5,0	282	26,48
N. melanostomus	7,1	35,1	8,9	5,6	13,3	4,2	16,7	6,7	2,4	450	42,25
N. ratan	0	12,5	0	4,2	4,2	29,2	33,3	4,2	12,5	24	2,25
N. eurycephalus	0	42,9	0	0	14,3	42,9	0	0	0	7	0,66
T. draco	0	0	33,3	50,0	0	16,7	0	0	0	6	0,56
P. luscus	0	0	0	0	0	0	0	100	0	1	0,09
P. lascaris	0	0	12,3	67,3	14,6	2,9	2,9	0	0	171	16,06
Загальна кількість риб	**1065**										**100%**

бових сіток, які мають певну вибірковість. Оскільки останні кілька років офіційний промисел риби в Одеській затоці не ведеться, тому немає можливості вивчити улови ставних неводів, які найбільш об'єктивно могли б виявити видовий склад риб в затоці.

Аналізуючи співвідношення екологічних груп за різні роки досліджень, можна відмітити зниження в уловах загальної кількості видів: у 2016 р. – 22 та у 2017 р.– 14. Це найменша величина цього показника за всі роки спостережень, що пов'язано з меншим терміном досліджень і селективністю знарядь лову. Окрім цього, збільшилась частка солоноватоводних видів, у 2017 році їх частка в загальній кількості видів складала 35,7 %, а прохідні риби у цьому ж році не були зафіксовані зовсім. Також за два останні роки досліджень не були відмічені прісноводні і напівпрохідні риби (табл. 5).

Більшість виловлених риб займали донні біотопи (60,9 %), пелагічні види складали 21,7 %, придонні види були представлені у менший відносній кількості, ніж у минулі роки і складали 17,4 %.

Частка риб-пелагофілів вдвічі перевищувала кількість риб, які охороняють ікру – 61,0 % та 30,4 % відповідно, чого не спостерігалось при попередніх дослідженнях. Порівняно з минулими роками частка осілих та мігруючих риб лишилася майже незмінною – 69,6 % та 30,4 % відповідно (табл. 6).

З 23 виявлених в затоці видів у 2016–2017 рр. один вид занесений в Червоний список МСОП, Червону книгу Чорного моря та Червону книгу України; один вид занесений до Червоної книги Чорного моря та Червоної книги України; вісім видів занесені до Червоної книги Чорного моря. Таким чином 10 видів (43,4 % загального числа видів) з виявлених в затоці видів мають охоронний статус.

Улов на зусилля коливався протягом року – його середня величина у 2016 році була дещо вища ніж в наступному році. Величина улову представлена у відносних одиницях – кількість екземплярів риб, упійманих на одну сітку довжиною 50 м впродовж доби (екз./сітку).

У 2016 р. улов на зусилля коливався від 2,9 екз./сітку в третій декаді липня до 175,0 екз./сітку на кінець травня, в середньому за сезон цей показник складав 27,2 екз./сітку. У 2017 р. загальний улов на зусилля коливався від 3,4 екз./сітку на кінець липня до 191,4 екз./сітку в середині травня, в середньому за всі місяці – 16,9 екз./сітку. Протягом двох років найбільші величини улову на зусилля приходилися на травень, а у 2016 р. ще і на серпень. Влітку та восени ці показники були дещо менші (табл. 7).

Аналізуючи величини улову на зусилля за минулі роки, можна зазначити значні коливання цього показника. З 2009 року відбувалось поступове зменшення уловів до мінімального значення у 2013 році – 6,6 екз./сітку (табл. 8).

У 2015 році середній показник улову на зусилля збільшився і перевищив значення 2007 р. – 32,2 екз./сітку [9].

Таблиця 5

Екологічна характеристика іхтіофауни Одеської затоки за 1904–2017 рр.

Екологічні групи	1904–1907 рр. [6; 12]		1970–1990 рр. [3]		1993–2004 рр. [7;10]		Одеська затока 2005-2016 рр. [9;11]		Наші дані Одеська затока 2016 р.		Наші дані Одеська за-тока 2017 р.		Чорне море [1]		Частка видів в Одеський затоці від загальної кількості в Чорному морі [9;11]
	Кількість видів	%	Кількість видів	%	Кількість видів	%	Кількість видів	%	Кількість видів	%	Кількість видів	%	Кількість видів	%	%
Власне морські	41	68,3	29	61,7	37	67,3	36	70,6	15	68,2	9	64,3	147	64,8	24,5
Солоновато-водні	12	20,0	11	23,4	12	21,8	7	13,7	5	22,7	5	35,7	20	8,8	35,0
Прохідні	5	8,3	4	8,5	6	10,9	6	11,7	2	9,1	-	-	13	5,7	46,2
Прісноводні і напівпрохідні	2	3,3	3	6,4	-	-	2	3,9	-	-	-	-	47	20,7	4,3
Всі групи	60	100	47	100	55	100	51	100	22	100	14	100	227	100	22,5

ISSN 2077-1746. Вісник ОНУ. Біологія. 2019. Т. 24, вип. 1(44)

Таблиця 6

Еколого-біологічна характеристика іхтіофауни Одеської затоки за 1904–2017 рр.

Характеристика	1904–1907 рр. [6; 12]		1970–1990 рр. [3]		1993–2004 рр. [7;10]		2005–2016 рр. [9;11]		Наші дані 2016–2017 рр.	
	Кількість видів	%	Кількість видів	%	Кількість видів	%	Кількість видів	%	Кількість видів	%
Біотоп мешкання										
донний	25	41,7	19	40,4	23	41,8	23	45,1	14	60,9
придонний	21	35,0	14	29,8	16	29,1	14	27,5	4	17,4
пелагічний	14	23,3	14	29,8	16	29,1	14	27,5	5	21,7
всього	**60**	**100**	**47**	**100**	**55**	**100**	**51**	**100**	**23**	**100**
Розмноження										
пелагофіли	23	38,3	16	34,0	19	34,5	22	43,1	14	61,0
охраняючі	21	35,0	14	29,8	19	34,5	15	29.4	7	30,4
фітофіли	4	6,7	6	12,8	3	5,5	4	7.8	–	–
літофіли	3	5,0	2	4,3	4	7,3	4	7.8	2	8,7
псаммофіли	-	-	-	-	1	1,8	-	-	–	–
літопсамофіли	1	1,7	1	2,1	1	1,8	-	-	–	–
яйцеживородячі	2	3,3	2	4,3	2	3,6	2	3,9	–	–
виношуючі	6	10,0	6	12,8	6	10,9	4	7,8	–	–
всього	**60**	**100**	**47**	**100**	**55**	**100**	**51**	**100**	**23**	**100**
Міграції										
мігранти	20	33,3	19	40,4	21	38,2	19	37,2	7	30,4
осілі	40	66,7	28	59,6	34	61,8	32	62,7	16	69,6
всього	**60**	**100**	**47**	**100**	**55**	**100**	**51**	**100**	**23**	**100**

Таблиця 7

Щомісячні величини улову на зусилля (екз./сітку) в Одеській затоці у 2016–2017 рр.

Рік та місяць вилову	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Всі місяці
2016 р.	–	37,4	23,6	25,6	39,6	22,1	14,8	–	–	27,2
2017 р.	7,8	42,4	8,3	18,9	13,3	19,3	14,5	17,0	10,7	16,9

Таблиця 8

Річні величини улову на зусилля риб (екз./сітку) в Одеській затоці у 2007–2017 рр.

Рік вилову	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Загальний улов (всі види риб)	30,1	39,5	32,0	20,5	13,9	10,2	6,6	15,9	32,2	27,2	16,9
Улов бичка кругляка	18,3	21,1	12,4	15,6	12,5	8,4	3,8	4,4	16,9	10,7	9,2

Вилов найбільш чисельного виду бичка кругляка у 2016–2017рр. зменшився в порівнянні з 2015 р., максимальні улови цього виду зафіксовані у 2007–2008 роках [4].

Висновки

1. За два роки досліджень в уловах виявлено 23 види риб. Найбільшою кількістю таксонів представлений ряд Perciformes (7 родин, 8 родів і 12 видів), за кількістю родів домінує родина Gobiidae (2) та Clupeidae (2), за кількістю видів – родина Gobiidae (5).
2. Більшість виявлених в уловах риб: у 2016 р. (68,2%) і у 2017 р. (64,3%) є власне морськими видами, солонуватоводними – 22,7% і 35,7% відповідно. Прохідні види були відзначені тільки у 2016 р. (9,1%). Протягом двох років не було зафіксовано прісноводних і напівпрохідних риб.
3. У 2016 і 2017 роках найбільш чисельними в уловах ставних сіток були бичок кругляк (38,8 % і 42,2 % відповідно), морський язик (26,8 % і 16,1 % відповідно) та бичок сурман (13,5 % і 26,5 % відповідно). В уловах велику кількість кругляк мав в травні (24,8 % і 35,1 % відповідно) і жовтні (27,4 % і 16,7 % відповідно), морський язик – в липні 2016 р. (47,2 %) і червні 2017 р. (67,3 %), бичок сурман в липні 2016 р. (29,4 %), а також серпні та вересні 2017 р. (20,6 % і 20,9 % відповідно).
4. Протягом більш ніж 10 років іхтіологічних досліджень в районі мису Малий Фонтан відзначено зниження в уловах загальної кількості видів риб: у 2016 р. – 22 і 2017 р. – 14. Це найменша кількість зафіксованих видів іхтіофауни в цьому районі за всі роки спостережень.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2019

Список використаної літератури

1. Болтачев А. Р. Экологическая структура ихтиофауны Чёрного моря / А. Р. Болтачев, Е. П. Карпова Федоненко О. В., Ананьєва Т. В. Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології // Матеріали III Міжнародної іхтіологічної науково-практичної конференції (Дніпропетровськ, 30 вересня – 2 жовтня 2010 р.). – Дніпропетровськ, 2010. – С. 19–23.
2. Виноградов А. К. Ихтиофауна Одесского региона северо-западной части Черного моря (биологические, экологические, эколого-морфологические особенности) / А. К. Виноградов, С. А. Хуторной. – Одесса: «Астропринт», 2013. – 224 с.
3. Замбриборщ Ф. С. Рыбы Одесского залива в прошлом и настоящем / Ф. С. Замбриборщ, М. А. Винникова, В. В. Заморов // Научные труды Зоол. музея Одесского государственного ун-та. – 1995. – 2. – С. 19–26.
4. Заморов В. В. Динамика сетных уловов бычковых рыб (Gobiidae) в прибрежной зоне Одесского залива / В. В. Заморов, С. Ю. Черникова, Ю. В. Караванский, Е. Ю. Леончик // Наукові записки ТНПУ імені Володимира Гнатюка. Біологія. Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2015. – № 3–4(64). – С. 238–241.
5. Квач Ю. В. Видовий склад риб прибережних мілин Одеської затоки і його зміни залежно від часу доби / Ю. В. Квач // Біологічні студії. – 2015. – Т. 9, № 1. – С. 191–200.
6. Киселевич К. Материалы по ихтиологической фауне Одесского залива / К. Кисилевич // Сборник студенческого биологического кружка при Новороссийском ун-те. – № 3. – Одесса, 1908. – С. 117–140.
7. Ковтун О. А. Современное состояние редких и исчезающих видов гидробионтов северной части Чёрного моря (по материалам подводных исследований 2000 – 2003 гг.) / О. А. Ковтун, А. А. Тарасенко // Екологія і суспільство. Збірник наукових праць Ун-ту екологічних знань Одеської державної бібліотеки ім. М. Горького. – Одеса, 2005. – Вип. 2. – С. 112–124.
8. Мовчан Ю. В. Риби України (визначник-довідник) / Ю. В. Мовчан. – К.: Наук. думка, 2011. – 420 с.
9. Северо-западная часть Черного моря: структура и климатическая изменчивость океанологических полей / Ю. И. Попов, А. С. Матыгин, Г. Ю. Коломейченко, В. В. Заморов, С. Ю. Черникова, С. А. Петров, Л. П. Пономарева, Ю. В. Караванский, Е. Ю. Леончик, В. Д. Каштаков – Одесса: ФОП Попова Н. М., 2016. – 439 с.
10. Ткаченко П. В. Современный состав и тенденции изменения ихтиофауны прибрежных участков северо-западной части Чёрного моря / П. В. Ткаченко, С. А. Хуторной // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Сб. науч. тр. – Вып. 2. – Севастополь, 2001. – С. 363–369.
11. Черникова С. Ю. Ихтиофауна Одесского залива (Чёрное море) в первом десятилетии XXI века / С. Ю. Черникова, В. В. Заморов // Морський екологічний журнал. – 2011. – Т. X. – № 3. – С. 76–85.
12. Яцентковский А. В. Рыбы Одесского залива / А. В. Яцентковский // Записки Новороссийского общества естествоиспытателей, 1909. – 33. – С. 203–244.

В. В. Заморов[1], Ю.В. Караванский[1], С. Ю. Черникова[2]

[1] Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра гидробиологии и общей экологии,
ул. Дворянская, 2; 65082, Одесса, Украина, e-mail: v.zamorov@onu.edu.ua

[2] Одесский центр Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии, проспект Шевченко, 12, 68058, Одесса, Украина

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИХТИОФАУНЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ МОРЯ ОДЕССКОГО ЗАЛИВА В 2016–2017 ГГ.

Резюме

Цель исследований – мониторинг состояния прибережного ихтиоценоза Одесского залива в 2016–2017 годах.

Материал. В течение двух лет исследований проанализировано 2868 экз. рыб из 55 уловов.

Методы. Рыбу ловили донными жаберными сетями длиной 10–75 м (размер ячеи 12–30 мм; удаление от берега 200–500 м, глубина 4,5–14,5 м). Сетки выставляли с лодки вечером, проверяли на следующий день утром. Величина улова представлена в относительных единицах – количество экземпляров рыб, пойманных на одну сетку длиной 50 м в течение суток (экз./сетку). Во время исследований температура придонной воды колебалась от + 4,6 до + 24,5 °С, соленость – от 10,3 до 18,0 ‰.

Результаты. За два года исследований в уловах обнаружено 23 вида рыб. Наибольшим количеством таксонов представлен отряд Perciformes (7 семейств, 8 родов и 14 видов), по количеству родов доминирует семейство Gobiidae (2) и Clupeidae (2), по количеству видов – семейство Gobiidae (5).

Большинство пойманных рыб являются собственно морскими видами – в 2016 – 68,2% и в 2017 – 64,3%, солоноватоводными – 22,7% и 35,7% соответственно. Проходные виды были отмечены только в 2016 (9,1%). В течение двух лет пресноводных и полупроходных рыб зафиксировано не было.

В 2016 и 2017 годах наиболее многочисленными в уловах ставных сетей были бычок кругляк (38,8 % и 42,2 % соответственно), морской язык (26,8 % и 16,1 % соответственно) и бычок сурман (13,5 % и 26,5 % соответственно). В уловах наибольшее количество кругляк составлял в мае (24,8 % и 35,1 % соответственно) и октябре (27,4 % и 16,7 % соответственно), морской язык – в июле 2016 (47,2 %) и июне 2017 (67,3 %), бычок сурман в июле 2016 (29,4 %), а также августе и сентябре 2017 (20,6 % и 20,9 % соответственно).

В течение более чем 10 лет ихтиологических исследований в районе мыса Малый Фонтан отмечено снижение в уловах общего количества видов рыб: в 2016 – 22 и 2017 – 14. Это наименьшее количество зафиксированных видов ихтиофауны в этом районе за все годы наблюдений.

Ключевые слова: ихтиофауна; уловы; Одесский залив.

V. V. Zamorov[1], Yu.V. Karavanskyi[1], S. Yu. Chernykova[2]

[1] Odesa National I.I. Mechnykov University, Dvoryanska Str., 2; 65082, Odesa, Ukraine, e-mail: v.zamorov@onu.edu.ua

[2] Southern Institute of Oceanography and Marine Commercial Fishery (Odesa Branch), Shevchenko Avenue, 12, 68058, Odesa, Ukraine

FISH FAUNA RESEARCH RESULTS RELATED TO ODESA BAY COASTAL MARINE AREA IN COURSE OF 2016–2017

Abstract

Research purpose: monitoring the coastal fish community condition in Odesa bay during 2016-2017.

Materials. 2868 fish individuals from 55 samples screened during two years.

Methods. Fish has been sampled using stake gill nets measured 10–75 m long (mesh size 12–30 mm; pelagic range 200–500, depth 4.5 – 14.5 m). The nets were deployed from a boat in the evening and reviewed on the following morning. The sample size is given in relative units, – namely in the number of fish individuals caught per one 50 m long net unit during one day (individuals / (net unit · time unit). During our samplings the benthic-adjacent water temperature ranged from + 4.6 to + 24.5 °C, its salinity – from 10.3 to 18.0 ‰, respectively.

Results. As a result of two-year research 23 fish species were observed in our samples. Taxonomically the Perciformes order was the most numerous (7 families, 8 genera and 14 species), family Gobiidae (2) and Clupeidae (2) were dominant regarding the number of genera, and as to species richness – the Gobiidae family (5). Most of the fishes sampled in 2016 (68.2 %) and 2017 (64.3 %) were inherently marine species, and brackish-water – 22.7 % and 35.7 %, year-respectively. Anadromous species were noticed only in 2016 (9.1 %). Within the two years there was no evidence of freshwater and semi-anadromous fishes.
The round goby (38.8 % and 42.2 % year-respectively), sole (26.8 % and 16.1 % respectively) and pinchuk's goby (13.5 % and 26.5 % respectively) were the most numerous in 2016 and 2017 in our samples from the stake gill ground nets. Round goby was the most numerous in May samples (24.8 % and 35.1 %, year-respectively) and in October samples (27.4 % and 16.7 %, respectively), the sole – 47.2 % in July 2016 and 67.3 % in July 2017, and pinchuk's goby – 29.4 % in July 2016 (as well as in August and September 2017 – 20.6 % and 20.9 % month-related).
In the course of fishery research which has been carried out for over 10 years in the Small Fountain Cape area a decrement of fish species abundance is noticeable: 22 species in 2016 and 14 species in 2017. This is the scarcest amount of fish species number documented in this region throughout the entire time of screening.

Keywards: ichthyofauna; samples screened; Odessa bay

References

1. Boltachev A. R., Karpova E. P. Fedonenko O. V., Ananieva T. V. (2010) *Environmental Structure of the Black Sea Fish Fauna* [Ekologicheskaia struktura ikhtiofauny Chiornoho moria], Current problems of theoretical and applied ichthyology [Suchasni problemy teoretychnoi i praktychnoi ikhtiolohii], Papers of the 3rd ichthyologic international conference, (Dnipropetrovsk, 30/09– 2/10/2010.), Dnipropetrovsk, pp. 19–23.
2. Vynohradov A. K., Khutornoi S. A. (2013) *Fish fauna of the Odesa area of the northwest part of the Black Sea (biological, ecological environmental and morphological features)* [Ikhtiofauna Odesskogo regiona severo-zapadnoi chasti Chiornoho moria (biologicheskie, ekologicheskie, ekologo-morfologicheskie osobennosti)], Odesa: Astroprint, 224 p.
3. Zambriborshch F. S., Vynnykova M. A., Zamorov V. V. (1995) *Fishes of Odesa bay in the past ansd in present* [Ryby Odesskoho zaliva v proshlom i nastoiashchem], *Scientific papers of the Zoological Museum of the Odesa State University*,2, pp. 19–26.
4. Zamorov V. V., Chernikova S. Yu., Karavanskij Yu. V., Leonchik E. Yu. (2015) *Net sampling dynamics in gobiid fishes (Gobiidae) in Odesa bay coastal area* [Dinamika setnykh ulovov bychkovykh ryb (Gobiidae) v pribrezhnoy zone Odesskoho zaliva], *Scientific records of the Volodymyr Hnatiuk TNPU. Biology. Special edition: Hydroecology*, 3–4(64), pp. 238–241.
5. Kvach Yu.V. (2015) *Species composition of the coastal shallow waters of Odesa bay and its daytime-related changes* [Vydovyi sklad ryb pryberezhnykh milyn Odeskoi zatoky i yoho zminy zalezhno vid chasu doby], *Biological Studies,* 9, 1, pp. 191–200.
6. Kyselevych K. (1908) *Materials on fish fauna of Odesa bay* [Materialy po ikhtiolohgicheskoi faune Odesskogo zaliva], *Proceedings records of the students' scientific workgroup in biology of the Novorossiysk University,* 3, Odesa, pp. 117–140.
7. Kovtun O. A., Tarasenko A. A. (2005) *Current state of endangered and vanishing species of the northern Black Sea (based on underwater research)* [Sovremennoe sostoianye redkikh i izchezaiushchikh vidov girobyontov severnoi chasti Chiornoho moria (po materialam podvodnykh issledovaniy] (2000 – 2003 yy.), *Environment and society. Proceedings records of the Environmental Lore University of the M. Horky Odesa State Library,* 2. pp. 112–124.
8. Movchan Yu. V. (2011) *Fishes of Ukraine* (species indicator) [Ryby Ukrainy (vyznachnyk-dovidnyk)], K.: Nauk. dumka, 420 p.

9. Popov Yu. Y., Matyhin A. S., Kolomeichenko H. Yu., Zamorov V. V., Chernikova S. Yu., Petrov S.A., Ponomariova L. P., Karavanskiy Yu. V., Leonchik E. Yu., Kashtakov V. D (2016) *Northeast of the Black Sea: structure and climatic volatility of the oceanologic fields* [Severo-zapadnaia chast' Chiornogo moria: struktura i klimaticheskaia izmenchivost' okeanologicheskikh poley], Odesa: FOP Popova N. M., 439 p.
10. Tkachenko P. V., Khutornoi S. A. (2001) *Current fish fauna composition in coastal areas of the northeast of Black Sea and tendencies of its alteration* [Sovremennyi sostav i tendentsii izmeneniya ikhtiofauny pribrezhnykh uchastkov severo-zapadnoi chasti Chiornogo moria], *Environmental safety of the coastal and shelf zones and combined exploiting of shelf resources. Research proceedings records*, 2, pp. 363–369.
11. Chernikova S. Yu., Zamorov V. V. (2011) *Fish fauna of the Odesa bay (Black Sea) in the first decade of the XXI century* [Ikhtiofauna Odesskogo zaliva (Chiornoie more) v pervom desiatiletiyi XXI veka], *Marine environmental journal,* X, 3. pp. 76–85.
12. Yatsentkovskiy A. V. (1909) *Fishes of Odesa Bay* [Ryby Odesskogo zaliva], *Records of the Novorossiysk natural researchers*, 33, pp. 203–244.

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

УДК 612.014.46 : 591.2 **doi 10.18524/2077-1746.2019.1(44).167890**

О. А. Макаренко, д.б.н., завідувач кафедри
Т. В. Гладкій, к.б.н., доцент
Г. В. Майкова, к.б.н., доцент
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра фізіології людини і тварин,
вул. Дворянська 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: makolga29@gmail.com

СТАН ЗУБО-ЩЕЛЕПНОЇ СИСТЕМИ ЩУРІВ НА ТЛІ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕПАТИТУ ТА ДИСБІОЗУ

Проведено дослідження стану зубів і ясен білих щурів на тлі розвитку експериментального токсичного гепатиту, дисбіозу та поєднанні цих патологій. Кожна з відтворених патологій супроводжувалась посиленням каріозного процесу і підвищенням ступеня запалення у яснах. Поєднання патологій призвело до розвитку більш значних порушень у порожнині рота тварин. Зроблено висновок, що дисбіоз посилює патологію печінки і як слідство підвищує інтенсивність каріозного процесу та посилює запалення ясен.

Ключові слова: дисбіоз; білі щури; токсичний гепатит; карієс; запалення ясен.

Функціональний стан печінки займає особливе місце у розвитку патологій різних систем, тому що печінка виконує ряд важливих функцій: регуляторні, метаболічні, антитоксичні та багато інших. Показано, що функціональна активність великих і малих слинних залоз, процеси мінералізації зубів і щелеп, оральна антимікробна система, майже всі види функціональної діяльності органів і тканин щелепно-лицьової системи залежать від стану гепато-біліарної системи [1, 2, 3, 11]. Порушення функції печінки позначаються на стані м'яких і твердих тканин порожнини рота, зумовлюючи в них розвиток запально-дистрофічних процесів, причиною яких є гепатогенний імунодефіцит, дисбіоз і дезорганізація метаболізму. У сукупності все це і визначає патогенез і клінічні прояви гепато-орального синдрому, що займає значне місце в загальній картині гепато-біліарних захворювань [1, 13]. Аналіз даних літератури дозволяє зробити висновок про тісний функціональний взаємозв'язок печінки і мікробіоти кишечника. Печінка впливає на склад мікробіоти кишечника через жовч, яка містить жовчні кислоти з антимікробними властивостями і здатністю гальмувати всмоктування ендотоксину з кишечнику [8, 14]. Відомості про вплив поєднаної патології печінки і дисбіозу кишечника на органи і тканини ротової порожнини в доступній нам літературі обмежені.

Тому для з'ясування цього питання метою роботи було дослідження впливу поєднаної патології гепатиту та дисбіозу на стан зубів і ясен щурів.

© О. А. Макаренко, Т. В. Гладкій, Г. В. Майкова, 2019

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проведено на базі кафедри фізіології людини і тварин Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Експеримент проведено на 24 білих щурах самцях, віком 1 місяць. Тварин було поділено на 4 групи по 6 тварин: 1 – інтактна, тварини якої слугували контролем; 2 – щури, у яких відтворювали гепатит шляхом внутрішньочеревного введення гідразину сірчанокислого в дозі 50 мг/кг, двічі на тиждень, протягом 5 тижнів; 3 – щури, у яких 5 діб моделювали дисбіоз шляхом додавання 70 мг/кг лінкоміцину в питну воду; 4 – щури, у яких на останньому тижні формування токсичного гепатиту моделювали дисбіоз.

Тварин виводили з досліду на 45 добу в стані глибокого тіопенталового наркозу (20 мг/кг внутрішньоочеревинно) шляхом тотального кровопускання з магістральних судин.

При проведенні експериментальних досліджень тварини знаходились в стандартних умовах віварію згідно з нормами і принципами Директиви Ради ЕС з питань захисту хребетних тварин, що використовуються для наукових цілей [12].

Оцінку ступеня каріозного процесу у щурів проводили на обох сторонах верхньої і нижньої щелепи за кількістю каріозних поразок та кількістю каріозних зубів на одну тварину й глибиною ураження зубів карієсом у балах [9].

Біохімічні дослідження активності ферментів проводили в сироватці крові і тканинах ясен. Гомогенати ясен готували з розрахунку 20 мг/мл 0,05 М трис-HCl буфера. В сироватці крові визначали активність аланінамінотрансферази (АлАт,) лужної фосфатази (ЛФ) і вмісту холестерину, у яснах тварин – активність еластази і кислої фосфатази (КФ) за загальноприйнятими методиками [4, 7].

Статистичне опрацювання отриманих даних у серіях дослідів проводилось за методом Ст'юдента–Фішера, відмінності вважали достовірними при $P < 0,05$. Дані наведено як середнє арифметичне значення та похибка середнього (M±m).

Результати досліджень та їх обговорення

На тлі моделювання токсичного гепатиту й дисбіозу у всіх тварин відмічали зменшення рухової активності, розлади травлення. Після проведення анатомічного розтину у щурів дослідних груп було відмічено значне збільшення розміру печінки. У щурів з гепатитом органний індекс печінки збільшився на 21,0 % у порівнянні з контрольними тваринами, при дисбіозі – на 12,4 %, а при одночасному моделюванні обох патологій – на 40,1 %. Консистенція печінки була в'ялою. В той же час печінка щурів контрольної групи мала рівномірний колір і пружну консистенцію.

Підрахунок кількості й глибини каріозних порожнин зубів показав, що у контрольних тварин кількість каріозних порожнин на 1 щура дорівнювала 2,2, глибина ураження зубів карієсом у балах дорівнювала 2,3 (табл. 1).

У щурів, яким відтворювали гепатит, кількість каріозних порожнин і глибина ураження зубів карієсом зросла на 113 % у порівнянні з контролем. У дослідної групи щурів, яким моделювали дисбіоз, кількість каріозних порожнин збільшувалась не так виразно, як у щурів з експериментальним гепатитом, але все рівно збільшувалась на 52 % (табл. 1).

Таблиця 1

Розвиток карієсу зубів у щурів на тлі експериментального гепатиту та дисбіозу

№	Групи щурів, n=6	Кількість каріозних порожнин, на 1 щура	Кількість каріозних зубів, на 1 щура	Глибина ураження зубів карієсом, бали
1	Інтактна (контроль)	2,2 ± 0,3	2,0 ± 0,2	2,3 ± 0,3
2	Гепатит	4,7 ± 0,6 P< 0,05	3,8 ± 0,4 P < 0,001	4,9 ± 0,6 P < 0,001
3	Дисбіоз	3,4 ± 0,5 P > 0,05	2,8 ± 0,4 P > 0,05	3,5 ± 0,6 P > 0,05
4	Гепатит + дисбіоз	5,0 ± 0,5 P < 0,001 P_1 > 0,05	4,5 ± 0,5 P < 0,001 P_1 > 0,05	5,7 ± 1,0 P< 0,001 P_1 > 0,05

Примітка: P – достовірність відмінності середніх у порівнянні з контрольною групою;
P_1 – достовірність відмінності середніх у порівнянні з групою, в якій відтворювали гепатит.

У групи тварин, яким моделювали поєднану патологію, спостерігали також збільшення каріозних порожнин на 127 %, а глибина ураження зубів карієсом була на 148 % більшою, у порівнянні з контрольною групою (табл. 1).

Таким чином, за оцінкою інтенсивності карієсу зубів у дослідних групах, виявлено найвищий рівень інтенсивності каріозного процесу у щурів, яким моделювали експериментальний гепатит та дисбіоз одночасно.

На тлі розвинутого карієсу спостерігаються біохімічні зміни в тканинах, які оточують зуби. Відомо, що маркерами запалення в тканинах ясен є еластаза та кисла фосфатаза [9].

У контрольної групи активність еластази в гомогенатах ясен щурів дорівнювала 20,8 мк-кат/кг. Моделювання у щурів гепатиту та дисбіозу викликало зростання активності еластази на 26 % та 34 % відповідно, а моделювання дисбіозу на тлі експериментального гепатиту – на 67 % у порівнянні з контрольною групою (рис. 1). Зростання активності еластази у позаклітинному просторі розглядають як основну ланку патогенезу захворювань, пов’язаних з інфільтрацією тканин активованими нейтрофілами.

Активність кислої фосфатази також була значно підвищена у яснах щурів з гепатитом та дисбіозом. Якщо у контрольних тварин активність кислої фосфатази дорівнювала 22,0 нкат/кг, то при моделюванні токсичного гепатиту ак-

тивність кислої фосфатази зросла на 35 %. При відтворенні у щурів дисбіозу активність кислої фосфатази підвищувалась до 32,27 нкат/кг, тобто на 46 %. Що свідчить про руйнування лізосом і збільшення проникності мембран. При одночасному моделюванні гепатиту і дисбіозу спостерігали збільшення активності кислої фосфатази на 80 % (рис. 1).

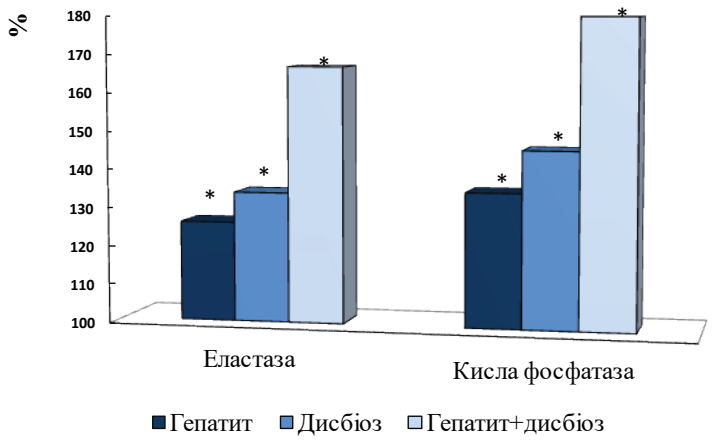


Рис. 1. Показники активності еластази й кислої фосфатази в гомогенатах ясен щурів (у % від контролю)

Примітка: * – P<0,05 достовірність відмінності середніх у порівнянні з контрольною групою

Ступінь розвитку гепатиту та пошкодження печінки визначають за ступенем підвищення активності амінотрансфераз [6].

У контрольних тварин активність АлАТ дорівнювала 0,56 мк-кат/л (табл. 2). При моделюванні у щурів експериментального гепатиту та дисбіозу активність АлАТ збільшилась на 30 % та 14 % відповідно у порівнянні з контрольною групою. Оскільки АлАТ міститься в цитоплазмі печінкових клітин, підвищення її активності свідчить про цитолітичний синдром. Причому він у більшій мірі виражений у тварин яким відтворювали дисбіоз на тлі розвинутого гепатиту. У цих тварин активність ферменту збільшилась на 62 %.

Активність ЛФ у сироватці крові контрольних тварин сягала 2,84 мк-кат/л (табл. 2). У сироватці крові щурів, яким моделювали гепатит, рівень активності ферменту підвищувався на 53 %. Що, очевидно, вказує на поступове збільшення кількості зруйнованих гепатоцитів. У групи щурів, яким моделювали дисбіоз, активність ЛФ збільшилась на 41%. При одночасному моделюванні експериментального гепатиту та дисбіозу активність ЛФ зростала на 85 %. (табл. 2). Збільшення активності ЛФ може свідчити про існування процесів деструкції гепатоцитів та внутрішньопечінкового холестазу, які виникають внаслідок порушення архітектоніки печінки.

Таблиця 2

Активність деяких ферментів та вміст холестерину у сироватці крові щурів при моделюванні токсичного гепатиту та дисбіозу

№	Групи щурів, n=6	Активність АлАТ, мк-кат/л	Активність ЛФ, мк-кат/л	Вміст холестерину, ммоль/л
1	Інтактна (контроль)	0,56 ± 0,04	2,84 ± 0,23	2,25 ± 0,24
2	Гепатит	0,73 ± 0,04 P < 0,01	4,35 ± 0,30 P < 0,001	3,13 ± 0,28 P < 0,05
3	Дисбіоз	0,64 ± 0,06 P > 0,05	4,02 ± 0,19 P < 0,01	2,98 ± 0,25 P < 0,05
4	Гепатит + дисбіоз	0,91 ± 0,04 P < 0,001 P_1 < 0,01	5,27 ± 0,28 P < 0,001 P_1 < 0,05	3,86 ± 0,47 P < 0,001 P_1 > 0,05

Примітка: P – достовірність відмінності середніх при порівнянні з контрольною групою
P_1 – достовірність відмінності середніх у порівнянні з групою, в якій відтворювали гепатит.

Так як печінка виконує значну роль у ліпідному обміні, то патологія печінки може супроводжуватися порушенням ліпідного обміну. У контрольної групи вміст холестерину в сироватці крові дорівнював 2,25 ммоль/л. При моделюванні у щурів експериментального гепатиту рівень холестерину збільшився на 39 %, а при моделюванні дисбіозу – на 32 % у порівнянні з контрольною групою (табл. 2).

У щурів, яким моделювали дисбіоз на тлі експериментального гепатиту, вміст холестерину у сироватці крові суттєво збільшився – на 71 %, що може бути наслідком глибоких дистрофічних процесів у печінці та порушенням синтетичної активності гепатоцитів.

Таким чином, на підставі проведених досліджень можна заключити, що як гідразин, так і лінкоміцин викликають порушення функції печінки та розвиток дисбіозу, але найбільші зміни досліджуваних показників відбувалися при одночасному моделюванні гепатиту та дисбіозу.

Одночасно з порушеннями роботи печінки спостерігалися патологічні зміни у порожнині рота щурів, а саме зареєстровано підвищення поразки зубів карієсом і запалення ясен у щурів.

Найбільш виражене запалення ясен спостерігалось при моделюванні поєднаної патології гепатиту та дисбіозу. Встановлений факт можна пояснити зниженням антимікробної функції печінки [8, 14]. Печінка є одним з найважливіших бар'єрів на шляху проходження мікробів і їх токсинів з кишечника через лімфатичну і кровоносну системи. Порушення бар'єрної функції печінки викликає появу умовно-патогенних і патогенних бактерій в системі гемоциркуляції з подальшим інфікуванням різних органів, в тому числі і тканин ротової порожнини. Ця обставина дуже сильно ускладнює перебіг стоматологічних захворювань [5, 10].

Висновки

1. Експериментальне моделювання у щурів як гідразинового гепатиту, так і дисбіозу за допомогою лінкоміцина призводило до зростання глибини ураження зубів карієсом, кількості каріозних порожнин та каріозних зубів у 1,5–2 рази.
2. При формуванні гепатиту та дисбіозу у гомогенатах ясен щурів значно підвищувалась активність маркерів запалення – еластази та кислої фосфатази.
3. Найбільші погіршення показників активності маркерів запалення у яснах спостерігались за поєднаної патології.
4. Одночасне моделювання гепатиту й дисбіозу призводило до збільшення активності «печінкових» маркерів запалення (активність аланінамінотрансферази і лужної фосфатази) і порушенню ліпідного обміну (збільшення в крові вмісту холестерину).
5. Дисбіоз посилює патологію печінки і підвищує запалення ясен.

Стаття надійшла до редакції 12.01.2019

Список використаної літератури

1. Бабий И. Л. Поражение слизистой оболочки полости рта при заболеваниях различных органов и систем у детей / И. Л. Бабий, Е. А. Калашникова // Здоровье ребенка. – 2011. – № 2 (29). – С. 90–91.
2. Белобородова Э. И. Соматические проявления у больных хроническими вирусными гепатитами / Э. И. Белобородова, Е. Г. Ламброва, Е. В. Белобородова, В. Л. Останько, А. С. Алексеева, Т. П. Калачова, И. К. Лившиц // Клиническая медицина. – 2010. – Т. 88, № 5. – С. 42–45.
3. Васильев А. Ю. Стоматологический статус больных с хроническими диффузными заболеваниями печени / А. Ю. Васильев, Л. М. Шевченко, Н. А. Постнова [и др.] // Стоматология. – 2004. – Т. 83, № 3. – С. 64–67.
4. Горячковский А. М. Клиническая биохимия в лабораторной диагностике: [Справочное пособие] / А. М. Горячковский. – Одеса: Екологія, 2005. – 616 с.
5. Гостищев В. К. Бактериальная транслокация в условиях острой непроходимости кишечника / В. К. Гостищев, А. Н. Афанасьев, Ю. М. Круглянский, Д. Н. Сотников // Вестник РАМН. – 2006. – № 9–10. – С. 34–38.
6. Королева М. В. Фармакоэпидемиологическая и клинико-лабораторная характеристика лекарственно-индуцированного поражения печени при туберкулезе / М. В. Королева // Журнал инфектологии. – 2015. – Т.7, № 14. – С. 44–50.
7. Левицкий А. П. Метод определения активности эластази и ее ингибиторов: метод. рекомендации / А. П. Левицкий, А. П. Стефанов. – К.: ГФЦ, 2002. – 15 с.
8. Левицкий А. П. Антимикробная функция печени / А. П. Левицкий, С. А. Демьяненко, Ю. В. Цисельский. – Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2011. – 141 с.
9. Левицкий А. П. Методы экспериментальной стоматологи. Учебно-методическое пособие / А. П. Левицкий, О. А. Макаренко, С. А. Демьяненко, – Симферополь: Тарпан, 2018 – 77 с.
10. Петухов В. А. Нарушения функций печени и дисбиоз при липидном дистресс-синдроме Савельева: современный взгляд на проблему / В. А. Петухов, Л. А. Стернина, А. Е. Травкин // Гепатология. – 2004. – Т. 6, № 6. – С. 406.
11. Савичук Н.О. Стан стоматологічного здоров′я у дітей з хронічними вірусними гепатитами / О. Н. Савичук, Л. В. Корнієнко // Дентальные технологии. – 2008. – № 2 (37). – С. 23–27.
12. European convention for the protection of vertebrale animals used for experimental and other scientific purposes. – Strasburg.Council of Europe, 1986. – №123. – 51 p.
13. Morgan X. Biodiversity and functional genomics in the human microbiome / X. Morgan, N. Segata, C. Huttenhower // Trends in Genetics. – 2013. – V. 29, № 1. – P. 51-58.
14. Quigley E. The gut microbiota and the liver. Pathophysiological and clinical implications / E. Quigley, E. Murphy, C. Stanton // J. Hepatol. – 2013. – Vol. 58. – P. 1020 – 1027.

О. А. Макаренко, Т. В. Гладкий, А. В. Майкова
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, кафедра физиологии человека и животных,
ул. Дворянская, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: makolga29@gmail.com

СОСТОЯНИЕ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ КРЫС НА ФОНЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕПАТИТА И ДИСБИОЗА

Резюме
Проблема: влияние нарушения функции печени на состояние твердых и мягких тканей ротовой полости.
Цель: изучение состояния зубочелюстной системы у крыс на фоне экспериментального дисбиоза и токсического гепатита.
Методика. Исследование проведено на крысах самцах, возрастом 1 месяц. Контрольная группа – интактные животные. Моделирование гепатита (2 группа) осуществляли путем внутрибрюшного введения сернокислого гидразина (50 мг/кг дважды в неделю) на протяжении 5 недель, дисбиоз (3 группа) формировали путем добавления линкомицина (70 мг/кг в питьевую воду), крысам 4 группы на последней неделе формирования гепатита для моделирования дисбиоза добавляли линкомицин.
Оценку степени кариозного процесса проводили по методике А. П. Левицкого, в тканях десен определяли активность эластазы и кислой фосфатазы, в сыворотке – активность аланинаминотрансферазы, щелочной фосфатазы и количество холестерина.
Основные результаты. Экспериментальное моделирование у крыс как гидразинового гепатита, так и дисбиоза приводило к нарушению работы печени. Одновременно наблюдались патологические изменения в полости рта, а именно увеличение интенсивности кариесного процесса и повышение активности маркеров воспаления (эластазы и кислой фосфатазы) в деснах крыс. Наиболее выраженное воспаление десен наблюдалось при объединении патологий.
Одновременное моделирование дисбиоза и гепатита сопровождалось увеличением активности «печеночных» маркеров воспаления (аланинаминотрансферазы и щелочной фосфатазы) и увеличением в крови содержания холестерина.
Выводы: дисбиоз усиливает патологию печени и повышает степень воспаления в деснах крыс.

Ключевые слова*:* дисбиоз; белые крысы; токсический гепатит; кариес; воспаление десен

O. A. Makarenko, T. V. Gladkyi, A. V. Maikova
Odesa Mechnykov National University,
Department Of Human And Animal Physiology
2, Dvoryanska str., Odesa, 65082, Ukraine, e-mail makolga29@gmail.com

THE CONDITION OF THE DENTOALVEOLAR SYSTEM OF RATS AT THE BACKGROUND OF HEPATITIS AND DYSBIOSIS MODELLING

Abstract
Problem: impact of liver malfunction on the condition of hard and soft tissues of the oral cavity.
Aim: to study the condition of the dentoalveolar system in rats at the background of experimental dysbiosis and toxic hepatitis.
Methods. The research was carried out in 1-month old male rats. Intact animals served as the control group. Hepatitis modelling (group 2) was performed by intra-abdominal introduction of hydrazine sulphate (50 mg/kg twice a week) for 5 weeks, dysbiosis (group 3) was formed by adding lincomycin (70 mg/kg into potable water), rats from group 4 were given lincomycin at the last week of hepatitis formation to model dysbiosis.
Estimation of caries process was performed by the method of A. P. Levytskyi, the activity of elastase and acid phosphatase was determined in the tissues of gums, and the activity of alanine aminotransferase, acid phosphatase and amount of cholesterol – in the serum.
Main results. Experimental modelling in rats of both hydrazine hepatitis and dysbiosis resulted in the liver malfunction. Simultaneously, pathological changes in the oral cavity, namely increase of caries process intensity and growth of activity of inflammation markers (elastase and acid phosphatase) in the rats' gums were observed. The most expressed inflammation of gums was observed when the pathologies were combined.
Simultaneous modelling of dysbiosis and hepatitis was accompanied by increase in the activity of "liver" markers of inflammation (alanine aminotransferase and acid phosphatase) and increase of the amount of cholesterol in blood.
Conclusions: dysbiosis enhances the liver pathology and increases the degree of inflammation in rats' gums.

Key words: dysbiosis; whire rats; toxic hepatitis; caries; gum inflammation.

References

1. Babij I. L., Kalashnikova E. A. (2011) «*Lesions of the oral mucosa in diseases of various organs and systems in children*» [«Porazhenie slizistoj obolochki polosti rta pri zabolevaniyah razlichnyh organov i sistem u detej»], *Child health*, 2(29), p 90-91.
2. Beloborodova E. I., Lambrova E. G., Beloborodova E. V., Ostan'ko V. L., Alekseeva A. S., Kalachova T. P., Livshic I. K. (2010*) «Somatic manifestations in patients with chronic viral hepatitis»* [«Somaticheskie proyavleniya u bol'nyh hronicheskimi virusnymi gepatitami»], *Clinical medicine*, 88, 5, pp. 42-45.
3. Vasil'ev A. YU. SHevchenko L. M., Postnova N. A. (2004) «*Dental status of patients with chronic diffuse liver diseases*» [«Stomatologicheskij status bol'nyh s hronicheskimi diffuznymi zabolevaniyami pecheni»], *Dentistry*, 83, 3, pp. 64–67.

4. Horiachkovskii A. M. (2005) Clinical Biochemistry in laboratory diagnostics [Klinicheskaia biokhimiia v laboratornoi diahnostike], Odessa, Ecology, 616 p.
5. Gostishchev V. K., Afanas'ev A. N., Kruglyanskij YU. M., Sotnikov D. N. (2006) «*Bacterial translocation in conditions of acute intestinal obstruction*» [«Bakterial'naya translokaciya v usloviyah ostroj neprohodimosti kishechnika»], *Bulletin of RAMS,* 9-10., pp. 34-38.
6. Koroleva M. V. (2015) «*Pharmacoepidemiological and clinical laboratory characteristics of drug-induced liver damage in tuberculosis*» [«Farmakoepidemiologicheskaya i kliniko-laboratornaya harakteristika lekarstvenno-inducirovannogo porazheniya pecheni pri tuberkuleze»], *Journal of Infectology*, 7, 14, pp. 44 – 50.
7. Levickij A. P., Stefanov A. P. (2002) *Method for determining the activity of elastase and its inhibitors* [Metod opredeleniya aktivnosti elastazi i ee ingibitorov: metod. Rekomendacii], Kiev, HCF, p. 15.
8. Levickij A. P., Dem'yanenko S. A., Cisel'skij YU. V. (2011) *Antimicrobial liver function* [Antimikrobnaya funkciya pecheni], Odesa, Odeska mska drukarnya, p. 141.
9. Levickij A. P., Makarenko O. A., Dem'yanenko S. A. (2018) *Methods experimental dentists. Teaching guide* [Metody eksperimental'noj stomatologi. Uchebno-metodicheskoe posobie], Simferopol, Tarpan, p. 77.
10. Petuhov V. A., Sternina L. A., Travkin A. E. (2004) *Liver dysfunctions and dysbiosis in the Savelyev lipid distress syndrome: a modern view of the problem* [Narusheniya funkcij pecheni i disbioz pri lipidnom distress-sindrome Savel'eva: sovremennyj vzglyad na problem], *Hepatology,* 6, 6,p. 406.
11. Savichuk N. O., Kornienko L. V. *The camp of dental health in children with chronic hepatitis* [Stan stomatologichnogo zdorov'ya u ditej z hronichnimi virusnimi gepatitami], *Dental technologies*, 2 (37), pp. 23-27.
12. European convention for the protection of vertebrale animals used for experimental and other scientific purposes (1986), Strasburg.Council of Europe, 123, 51 p.
13. Morgan X., Segata N., Huttenhower C. (2013) «Biodiversity and functional genomics in the human microbiome», *Trends in Genetics*, 29, 1, pp. 51-58.
14. Quigley E. Murphy E., Stanton C. (2013) «The gut microbiota and the liver. Pathophysiological and clinical implications», *J. Hepatol*, 58, pp. 1020 – 1027.

УДК 577.12:546.75:546.881 **doi 10.18524/2077-1746.2019.1(44).167874**

О. О. Сушко, аспірант
Р. Я. Іскра, д.б.н., заступник директора з наукової роботи
Інституту біології тварин НААН.
Лабораторія біохімії адаптації та онтогенезу тварин,
Інститут біології тварин НААН
вул. Василя Стуса, 38, Львів, 79034, Україна, e-mail: sushko.ola@gmail.com

ВПЛИВ ЦИТРАТІВ ВАНАДІЮ ТА ХРОМУ НА АНТИОКСИДАНТНУ СИСТЕМУ В КРОВІ ЩУРІВ ІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ ДІАБЕТОМ

Показано, що попереднє внесення до раціону щурів із експериментальним діабетом цитратів ванадію та хрому приводить до нормалізації у крові вмісту продуктів пероксидного окиснення ліпідів та активності ензимів антиоксидантного захисту. Тому можна розглядати дані цитрати в якості профілактичного застосування для уповільнення прогресування цукрового діабету та ризику ускладнень.

Ключові слова: цитрат ванадію; цитрат хрому; цукровий діабет; метаболічні процеси.

Цукровий діабет є одним із метаболічних захворювань, що характеризується гіперглікемією та змінами всіх обмінних процесів в організмі [22]. Важливу патогенну роль у розвитку та прогресуванні діабету і його ускладнень відіграє оксидативний стрес [20], який виникає внаслідок збільшення рівня вільних радикалів та зниження антиоксидантного захисту. Вільнорадикальному окисненню можуть підлягати нуклеїнові кислоти, білки, ліпіди та інші речовини, серед цих реакцій особливо важливе значення має пероксидне окиснення ліпідів [9].

Відомо, що мікроелементи відіграють важливу роль не лише для вуглеводного, ліпідного та білкового обміну, вони забезпечують нормальне функціонування системи антиоксидантного захисту в організмі. Одними з таких мікроелементів, які є необхідними для підтримки гомеостазу в організмі за діабету є ванадій і хром.

У дослідженнях *in vitro*, так і *in vivo* були зареєстровані інсуліно-міметичні властивості ванадію [13]. Сполуки ванадію імітують дію інсуліну через альтернативні сигнальні шляхи, які включають гальмування фосфотирозинфосфатаз, що призводить до посиленого фосфорилювання інсулінового рецепторного субстрату 1 протеїнкінази В, глікогенсинтази кінази 3 та взаємодії між двома неінсуліновими рецепторами тирозинкінази.

Хром відіграє важливу роль у підтримці метаболізму глюкози [14]. Він посилює дію інсуліну, виступаючи вторинним його посередником при взаємодії з

 © О. О. Сушко, Р. Я. Іскра, 2019

клітиною [24]. Як тільки хром потрапляє в клітину, він, зв'язуючись з хромодуліном, сприяє дії інсуліну [12].

Метою дослідження було з'ясувати вплив цитратів ванадію та хрому на стан антиоксидантної системи в крові щурів із експериментальним діабетом.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проведені на 32 білих лабораторних щурах, які перебували в умовах віварію Інституту біології тварин НААН (12 год цикл світло/темрява). Усі тварини утримувались в умовах відповідної температури (24±1 °С) та вологості (45±5%). Щури були клінічно здорові, отримували вільний доступ до стандартного гранульованого корму та води. Тварини, масою тіла від 100 до 120 г були розділені на чотири групи. Щурі I (контрольні) і III групи споживали чисту воду без добавок; II і IV групи – споживали воду з цитратами ванадію в кількості 0,5 мкг/мл води та хрому – 0,1 мкг/мл води. На 31-ий день досліду у тварин III і IV груп викликали цукровий діабет (ЦД) шляхом внутрішньоочеревинного введення 5 % розчину моногідрату алоксану у кількості 150 мг/кг маси тіла на тлі 24-ох годинного голодування. Гіперглікемію виявляли шляхом вимірювання глюкози крові, зібраної з хвостової вени, за допомогою портативного глюкометра ("Gamma-M"). Динаміку зміни рівня глюкози проводили натще перед початком закладання досліду, на 1-, 15- і 30-у доби досліду, а також продовжували після ін'єкції алоксану на 32-, 36- і 40 доби досліджень. Рівень глюкози в крові більше 11,1 ммоль/л у щурів був прийнятий як успішна індукція цукрового діабету [25]. Щурам I і II груп вводили 0,9 % фізіологічний розчин.

На 40 добу досліджень тварин виводили з експерименту внаслідок декапітації за введення тіопенталу натрію. Експерименти на тваринах проводилися відповідно до положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» (Страсбург, 1985), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2001).

Матеріалом для дослідження була кров щурів, де визначали вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів та активність ензимів антиоксидантного захисту. Вміст гідропероксидів ліпідів (ГПЛ) визначали за методом, принцип якого полягає в осадженні протеїну розчином трихлороцтової кислоти та екстракцією ліпідів етанолом з наступною взаємодією досліджуваних екстрактів з тіоцианатом амонію [7]. Концентрацію ТБК-позитивних продуктів вимірювали за допомогою кольорової реакції малонового діальдегіду з тіобарбітуровою кислотою [4]. Супероксиддисмутазну активність (СОД, ЕС 1.1.15.1.) визначали за методом, принцип якого полягає у відновленні нітротетразолію супероксидними радикалами [1]. Глутатіонпероксидазну активність (ГП, ЕС 1.11.1.9.) визначали за швидкістю окиснення відновленого глутатіону [8]. Каталазну активність (КТ, ЕС 1.11.1.6.) визначали за допомогою здатності пероксиду гідрогену утворювати зі солями молібдену стійкий забарвлений комплекс

[5]. Глутатіонредуктазну активність (ГР, ЕС 1.6.4.2) визначали за швидкістю відновлення глутатіону за наявності NADPH [10]. Вміст відновленого глутатіону (ВГ) визначали за рівнем утворення тіонітрофенільного аніону в результаті взаємодії SH-груп глутатіону з 5,5-дитіобіс, 2-нітробензойною кислотою [1].

Одержані цифрові дані опрацьовували статистично за допомогою комп'ютерного пакету програм Microsoft Excel, 2016. Визначали середнє арифметичне значення та стандартну похибку середнього арифметичного. Для визначення вірогідних відмінностей між статистичними групами використовували критерій Стьюдента.

Результати дослідження та їх обговорення

Після введення тваринам алоксану як індуктора цукрового діабету розвивається гіперглікемія. Алоксан виступає токсичним аналогом глюкози, який акумулюється в панкреатичних β-клітинах за допомогою переносника глюкози GLUT2. У присутності глутатіону, алоксан генерує активні форми оксигену (АФО) в циклічній окиснювально-відновній реакції, за участю відновленого продукту – гіалурової кислоти [21]. На дев'ятий день після введення препарату метаболічні реакції призводять до стадії хронічної гіперглікемії, що зумовлена незворотною загибеллю β-клітин підшлункової залози [3].

Саме тому, в ході вимірювання в крові тварин III групи із ЦД та IV групи зростала концентрація глюкози на 32-у добу після ін'єкції алоксану, відповідно на 107,4 % (P < 0,001) та 90,9 % (P < 0,001), 36-у добу – на 143,5 % (P < 0,001) і 106,5 % (P < 0,001) та 40-у добу на 175,3 % (P < 0,001) і 124,9 % (P < 0,001) відносно I контрольної групи (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка концентрації глюкози в крові щурів із експериментальним ЦД (III і IV групи) та за впливу цитратів ванадію та хрому (II і IV групи) (M±m, n=8; ммоль/л)

Група тварин	Часові періоди досліду					
	1-а доба	15-а доба	30-а доба	Після ін'єкції алоксану		
				32-а доба	36-а доба	40-а доба
I – контроль	7,09±0,29	6,29±0,26	6,06±0,35	7,04±0,43	6,98±0,41	7,04±0,37
II – + цитрати V і Cr	6,89±0,34	6,71±0,26	6,66±0,26	6,54±0,30	6,34±0,26	6,23±0,22
III – ЦД	5,85±0,28**	6,08±0,20	6,68±0,20	14,60±1,02***	17,00±1,02***	19,38±1,46***
IV – ЦД + цитрати V і Cr	6,91±0,34#	6,50±0,37	6,29±0,29	13,44±0,47***	14,41±0,44***#	15,83±0,53***#

Примітка: різниці статистично вірогідні: * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001 у тварин II, III і IV груп порівняно до I групи; # – P < 0,05; ## – P <0,01; ### – P < 0,001 різниці статистично вірогідні порівняно до III групи з ЦД.

Однак відзначено зниження рівня глюкози у крові тварин IV групи відносно III групи на 36-у добу досліджень – на 15,2 % (P < 0,05) та 40-у добу – на 18,3 % (P < 0,05).

Це вказує на вірогідний позитивний вплив цитратів ванадію та хрому на рівень глюкози у крові діабетичних щурів. Є літературні дані, що при моделі ЦД 1 типу за дії ванадію поліпшується сигнальний шлях інсуліну, пов'язаний з відтворенням експресії GLUT-4 [15].

Відомо, що підвищення рівня АФО зумовлює активацію процесів пероксидного окиснення ліпідів. Пероксидне окиснення ліпідів (ПОЛ) є фізіологічним процесом, який забезпечує нормальне функціонування клітин. Однак відхилення його від норми призводить до пошкодження і загибелі клітин [2].

За цукрового діабету вміст гідропероксидів ліпідів у крові тварин III групи зростав на 77,0 % (P < 0,001), а ТБК-активних продуктів – на 45,5 % (P < 0,001) відносно I контрольної групи (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів та супероксиддисмутазна і каталазна активність крові щурів із експериментальним ЦД та за впливу цитратів ванадію і хрому (M±m, n=8)

Група	ГПЛ, о.о.г./мл	ТБК-активні продукти, нмоль/мл	СОД, U/мг білка	КТ, мкмоль/хв•мг білка
I – контроль	0,614±0,088	2,913±0,08	24,757±1,183	8,938±0,186
II – + цитрати V і Cr	0,587±0,069	2,827±0,351	26,481±1,736	7,110±0,370***
III – ЦД	1,086±0,068***	4,238±0,254***	20,316±1,268*	7,090±0,237***
IV – ЦД + цитрати V і Cr	0,508±0,097###	3,443±0,281	23,883±1,647	7,229±0,154***

Примітка: різниці статистично вірогідні: * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001 у тварин II, III і IV груп порівняно до I групи; # – P < 0,05; ## – P <0,01; ### – P < 0,001 різниці статистично вірогідні порівняно до III групи з ЦД.

Це, ймовірно, пов'язано з активацією процесів ліпопероксидації за умов гіперглікемії. За дії високих рівнів АФО відбувається зниження експресії мРНК інсуліну та зменшення його секреції, це зумовлює посилення дії антагоніста інсуліну кортизолу, що стимулює процеси пероксидації ліпідів.

За використання цитратів ванадію та хрому у крові тварин II групи відзначена нормалізація показників ГПЛ та ТБК-активних продуктів. Комплексне введення у раціон щурів IV групи із ЦД цитратів ванадію та хрому призводить до зниження вмісту продуктів ПОЛ у їх крові: ГПЛ на 53,2 % (P < 0,001) та ТБК-активних продуктів на 18,7 %, відносно III діабетичної групи.

Інтенсивність вільнорадикального окиснення в організмі залежить від багатьох чинників, але, в першу чергу, детермінується злагодженим функціонуванням ензимів системи антиоксидантного захисту, серед яких визначальна

роль належить супероксиддисмутазі, каталазі, глутатіонпероксидазі та глутатіонредуктазі. Є літературні дані про те, що за ЦД на тлі оксидативного стресу відбувається порушення про/антиоксидантної рівноваги в клітинах переважної більшості органів ссавців, що виявляється у змінах активності ензимів антиоксидантного захисту та накопиченні продуктів ПОЛ [16].

СОД забезпечує захист першої лінії, каталізуючи частину супероксиду до молекулярного Оксигену та пероксиду гідрогену [23]. У результаті досліджень встановлено, що активність СОД знижувалася на 17,9 % ($P < 0,05$) у крові щурів III групи із ЦД відносно I контрольної групи. Введення у щоденний раціон тваринам IV групи цитратів хрому та ванадію приводило до нормалізації даного показника.

КТ каталізує перетворення пероксиду гідрогену і захищає клітини від реактивних гідроксильних радикалів [11]. Каталазна активність знижувалася у крові тварин II, III і IV груп відповідно на 20,5, 20,7 і 19,1 % ($P < 0,001$) відносно I контрольної групи. У той же час, активність ензиму дещо зростала у крові тварин IV групи відносно III діабетичної групи, що може бути пов'язано з покращенням чутливості до інсуліну завдяки дії хрому та ванадію.

Система глутатіону є однією із активних складових антиоксидантної системи захисту організму, що відіграє значну роль у пригніченні патологічного процесу, однак її виснаження може призводити до виникнення серйозних цитотоксичних і деструктивних ушкоджень [17]. Тому вивчення змін у глутатіоновій системі є важливим етапом у пошуку нових фармакологічних засобів, які здатні коригувати стан оксидативного стресу.

Відновлений глутатіон бере участь у багатьох процесах життєдіяльності клітин, а саме в диференціації, проліферації, апоптозі та відіграє значну роль у збереженні функціональних характеристик мембран клітин крові, захищає їх від окисного пошкодження. Встановлено, що вміст ВГ в еритроцитах тварин III діабетичної групи має тенденцію до зниження стосовно контрольної групи, що ймовірно, свідчить про його інтенсивне використання у реакціях детоксикації АФО за ЦД. Крім цього, підвищена секреція ФНО-α за діабету може зумовлювати пригнічення синтезу відновленого глутатіону [6]. Показник ВГ у крові тварин IV групи зростав на 21,2 % відносно I контрольної групи та на 31,6 % відносно III діабетичної групи ($P < 0,001$). Є дані літератури, що ванадил сульфат підвищує рівень ВГ і знижує кількість АФО у тканинах діабетичних щурів [18].

Глутатіонпероксидаза за допомогою глутатіону каталізує відновлення гідропероксидів ліпідів. Крім цього, як і каталаза, ГП здатна руйнувати і пероксид гідрогену, але вона більш чутлива до низьких концентрацій H_2O_2. Пероксид гідрогену може також інактивувати ГП, в результаті чого збільшується споживання ВГ [19]. Глутатіонперкосидазна активність у крові діабетичних щурів III групи дещо зростала. У той же час, за дії цитратів хрому та ванадію у крові тварин IV групи вона знижувалася відносно тварин I та III груп, однак результати є невірогідні.

Таблиця 3

Вміст відновленого глутатіону, глутатіонпероксидазна та глутатіонредуктазна активність у крові щурів із експериментальним ЦД та за впливу цитратів ванадію і хрому (M±m, n=8)

Група	ВГ, мМ/л	ГП, мкмоль/ хв×мг білка	ГР, мкмоль/ хв×мг білка
I – контроль	0,901±0,012	30,219±1,982	6,181±0,405
II – + цитрати V і Cr	1,079±0,088	23,969±2,559	6,429±0,686
III – ЦД	0,830±0,036	33,959±1,401	4,020±0,483**
IV – ЦД + цитрати V і Cr	1,092±0,019***###	27,443±3,187	6,077±0,433##

Примітка: різниці статистично вірогідні: * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001 у тварин II, III і IV груп порівняно до I групи; # – P < 0,05; ## – P < 0,01; ### – P < 0,001 різниці статистично вірогідні порівняно до III групи з ЦД.

Глутатіонредуктазна активність у крові тварин III групи з ЦД знижувалася на 35,0 % (P < 0,01) відносно I контрольної групи. За умови додавання до щоденного раціону тварин IV групи цитратів ванадію та хрому у їх крові зростала активність ензиму на 51,2 % (P < 0,01) відносно III діабетичної групи, причому вона досягала рівня показника у контрольній групі.

Таким чином, попереднє введення цитратів ванадію та хрому до раціону щурів з експериментальним діабетом сприяло зростанню активності досліджуваних ензимів антиоксидантної системи до рівня контролю. Очевидно, мікроелементи ванадій та хром, як антиоксиданти, мають здатність бути акцептором вільних радикалів, і, відповідно, зменшувати оксидативний стрес у діабетичних тварин.

Висновки

1. У щурів за алоксанової моделі цукрового діабету відзначені порушення про/антиоксидантного статусу в крові: вміст ГПЛ та ТБК-активних продуктів зростає; активність СОД, КАТ та ГР знижується.
2. Цитрати ванадію та хрому знижують вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів у тварин з цукровим діабетом.
3. Активність ензимів антиоксидатного захисту у крові діабетичних щурів зростає за попереднього введення цитратів ванадію та хрому.
4. Показники глутатіонової ланки за комплексного впливу цитратів у тварин з цукровим діабетом мають позитивну динаміку, а саме зростає вміст відновленого глутатіону та активність глутатіонредуктази.

Стаття надійшла до редакції 27.11.2018

Список використаної літератури

1. Влізло В. В. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: Довідник / В. В. Влізло, Р. С. Федорук, І. Б. Ратич та ін.; За ред. В. В. Влізла. — Львів : Сполом, 2012. – 764 с.
2. Гнатів В. В. Активні форми кисню в патогенезі ангіопатій при цукровому діабеті 2го типу / В. В. Гнатів, Х. С. Демчак, О. М. Бабуленко // Медична хімія. – 2013. – 15, № 1 (54). – С. 145–149.
3. Данченко Н. Вплив алоксану на деякі характеристики вуглеводного та енергетичного обміну у щурів / Н. Данченко, В. Полякова, В. Бабак, С. Весельський, І. Салата, Б. Цудзевич // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2013. – № 16. – С. 56–57.
4. Коробейникова С. Н. Модификация определения ПОЛ в реакции с ТБК / С. Н. Коробейникова // Лаб. дело. – 1989. – № 7. – С. 8–9.
5. Королюк М. А. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк, Л. К. Иванова, И. Г. Майорова, В. А. Токарева // Клиническая лабораторная диагностика. – 1988. – № 1 – С. 44–47.
6. Лановець І. І. Глутатіон і оксидативний стрес / І. І. Лановець, А. С. Тимченко, Т. М. Цугорка // Гематологія і переливання крові. – 2012. – Т. 1, № 36. – С. 168–177.
7. Мирончик В. В. Способ определения содержания гидроперекисей липидов в биологических тканях: Авторское свидетельство №1084681 СССР, МКИ G № 33/48. (СССР). №3468369/2813; заявл. 08.07.82; опубл. 07.04.84. Бюл. No13.
8. Моин В. М. Простой и специфический метод определения глутатионпероксидазы в еритроцитах / В. М. Моин // Лаб. дело. – 1996. – № 12. – С. 724–727.
9. Bansal A. K. Impacts of oxidative stress and antioxidants on semen functions / A. K. Bansal, G. S. Bilaspuri // Vet. Med. Int. – 2011. – № 7. doi: 10.4061/2011/686137.
10. Bergmeyer H. U. Methods of Enzymatic Analysis / H. U. Bergmeyer, K. Gawehn, M. Grassl // Verlag Chemie. – 1974. – Vol. 1. – P. 481–482.
11. Chandirasegaran G. Effects of Berberine chloride on the liver of streptozotocin-induced diabetes in albino Wistar rats / G. Chandirasegaran, C. Elanchezhiyan, K. Ghosh // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2018. – Vol. 99. – P. 227–236. doi:10.1016/j.biopha.2018.01.007.
12. Chen Y. Characterization of the organic component of low-molecular weight chromium-binding substance and its binding of chromium / Y. Chen, H. M. Watson, J. Gao, S. H. Sinha, C. J. Cassady, J. B. Vincent // J. Nutr. – 2011. – Vol. 141, № 7. – P. 1225–1232. doi: 10.3945/jn.111.139147.
13. Domingo J. L. Vanadium compounds for the treatment of human diabetes mellitus: a scientific curiosity? A review of thirty years of research / J. L. Domingo, M. Gomez // Food Chem Toxicol. – 2016. – Vol. 95. – P. 137–141. doi: 10.1016/j.fct.2016.07.005.
14. González-Villalva A. Pollution by metals: is there a relationship in glycemic control? / A. González-Villalva, L. Colín-Barenque, P. Bizarro-Nevares, M. Rojas-Lemus, V. Rodríguez-Lara, I. García-Pelaez, M. Ustarroz-Cano, N. López-Valdez, J. C. Albarrán-Alonso, T. I. Fortoul // Environ Toxicol Pharmacol. – 2016. – Vol. 46. – P. 337–343. doi: 10.1016/j.etap.2016.06.023.
15. Hiromura M. Action mechanism of bis(allixinato)oxovanadium (IV) as a novel potent insulin-mimetic complex: regulation of GLUT4 translocation and FoxO1 transcription factor / M. Hiromura, A. Nakayama, Y. Adachi, M. Doi, H. Sakurai // J Biol Inorg Chem. – 2007. – Vol. 12, № 8. – P. 1275–1287.
16. Kakkar R. Lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes in diabetic rats / R. Kakkar, J. Kalra, S. V. Mantha, K. Prasad // Mol. Cell Biochem. – 1995. – Vol. 151, № 2. – P. 113–119.
17. Kalinina E. V. Role of glutathione, glutathione transferase, and glutaredoxin in regulation of redox-dependent processes / E. V. Kalinina, N. N. Chernov, M. D. Novichkova // Biochemistry. – 2014. – Vol. 79, № 13. – P. 1562–1583. doi: 10.1134/S0006297914130082.
18. Kim A. D. Increased glutathione synthesis following Nrf2 activation by vanadyl sulfate in human chang liver cells / A. D. Kim, R. Zhang, K. A. Kang, H. J. You, J. W. Hyun // Inter J Mol Sciences. – 2011. – Vol. 12, № 12. – P. 8878–8894. doi: 10.3390/ijms12128878.
19. Kumawat M. Antioxidant enzymes and lipid peroxidation in type 2 diabetes mellitus patients with and without nephropathy / M. Kumawat, T. K. Sharma, I. Singh, N. Singh, V. S. Ghalaut, S. K. Vardey, S. V. Shankar // Am J Med Sci. – 2013. – Vol. 5, №3. – P. 213–219. doi: 10.4103/1947-2714.109193.
20. Mahendra D. Oxidative stress in type II diabetes mellitus / D. Mahendra Bikkad, D. Sachin Somwanshi, H. Sandeep Ghuge, N. S. Nagane // Biomedical Research. – 2014. – Vol. 25, № 1. – P. 84–87.
21. Rohilla A. Alloxan induced diabetes: mechanisms and effects / A. Rohilla, S. Ali // Int. J. Res. Pharma Biomedical Sci. – 2012. – Vol. 3, № 21. – P. 819–823.

22. Rosenbloom A. L. Hyperglycemia crises and their complications in children / A. L. Rosenbloom // J. Pediatr. Endocrinol. Metab. – 2007. – Vol. 20, № 1. – P. 5–18.
23. Tiwari B. K. Markers of oxidative stress during diabetes mellitus / B. K. Tiwari, K. B. Pandey, A. B. Abidi, S. I. Rizvi. J. Biomark. – 2013. doi:10.1155/2013/378790.
24. Vincent J. B. Chromium: is it essential, pharmacologically relevant, or toxic? / J. B. Vincent // Met Ions Life Sci. – 2013. – Vol. 13. – P. 171–198. doi: 10.1007/978-94-007-7500-8_6.
25. Xie M. J. Insulin-enhancing activity of a dinuclear vanadium complex: 5-chloro-salicylaldhyde ethylenediamine oxovanadium (V) and its permeability and cytotoxicity / M. J. Xie, X. D. Yang, W. P. Liu, S. P. Yan, Z. H. Meng // J Inorg Biochem. – 2010. – Vol. 104. – P. 851–857. doi:10.1016/j.jinorgbio.2010.03.018.

О. О. Сушко, Р. Я. Искра
Институт биологии животных НААН, ул. В. Стуса, 38, Львов,
79034, Украина

ВЛИЯНИЕ ЦИТРАТОВ ВАНАДИЯ И ХРОМА НА АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ В КРОВИ КРЫС С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДИАБЕТОМ

Резюме
Введение. На сегодняшний день, сахарный диабет является одним из самых распространенных метаболических заболеваний. Поэтому растет интерес к поиску новых фармакологических агентов для профилактики и лечения диабета.
Цель. Выяснить влияние цитратов ванадия и хрома на состояние антиоксидантной системы в крови крыс с экспериментальным диабетом.
Методы. В крови определяли содержание продуктов перекисного окисления липидов – гидропероксидов липидов и ТБК-активных продуктов; активность энзимов антиоксидатной защиты – каталазы, супероксиддисмутазы, глутатионпероксидазы и глутатионредуктазы и содержание восстановленного глутатиона.
Результаты. В крови крыс с аллоксановым диабетом отмечается гипергликемия и растут показатели перекисного окисления липидов – гидропероксиды липидов и ТБК-активные продукты. Кроме этого, при экспериментальном диабете в крови животных уменьшается активность каталазы, супероксиддисмутазы, глутатионредуктазы и содержание восстановленного глутатиона, однако растет активность глутатионпероксидазы. После введения в рацион животных с сахарным диабетом цитратов ванадия и хрома в крови нормализуется содержание продуктов перекисного окисления липидов и активность антиоксидантных ферментов.
Выводы. Введение в ежедневный рацион животных с аллоксаном-индуцированным диабетом цитратов ванадия и хрома приводит к нормализации состояния про/антиоксидантной системы в крови. Полученные результаты могут лечь в основу разработки методов и средств профилактики сахарного диабета.

Ключевые слова: цитрат ванадия; цитрат хрома; сахарный диабет; метаболические процессы.

O. O. Sushko, R. Ya. Iskra
Institute of Animal Biology NAAS, 38 V. Stusa str., Lviv 79034, Ukraine

THE INFLUENCE OF VANADIUM AND CHROMIUM CITRATES ON THE ANTIOXIDANT SYSTEM IN THE BLOOD OF RATS WITH EXPERIMENTAL DIABETES

Abstract
Introduction. Today, diabetes mellitus is one of the most common metabolic diseases. Therefore, there is a growing interest in finding new pharmacological agents for prevention and treatment of diabetes.
Aim. To determine the influence of vanadium and chromium citrates on the state of the antioxidant system in the rats' blood with experimentally induced diabetes.
Methods. We determined the content of peroxide oxidation products of lipids in the blood — lipid hydroperoxides and thiobarbituric acid reactive substances; activity of enzymes of antioxidant protection — catalase, superoxide dismutase, glutathione peroxidase and glutathione reductase and the content of reduced glutathione.
Results. Hyperglycemia is observed in the blood of the rats with alloxan diabetes and lipid peroxide oxidation — lipid hydroperoxides and thiobarbituric acid reactive substances increased. In addition, for experimental diabetes in the blood of animals, the activity of catalase, superoxide dismutase, glutathione reductase and the content of reduced glutathione decreased, but the content of glutathione peroxidas increased. The content of products of lipid peroxidation and the activity of antioxidant enzymes became normal after the introduction of vanadium and chromium citrates into the diet of the animals with diabetes mellitus.
Conclusion. Introduction of citrates of vanadium and chromium into the diet of animals with alloxan-induced diabetes causes the normalization of the state of the antioxidant system in the blood. Obtained results can form the basis for the development of methods and tools for preventing diabetes mellitus.

Key words: vanadium citrate; chromium citrate; diabetes mellitus; metabolic processes.

References

1. Vlizlo V. V., Fedoruk R. S., Ratych I. B. (2012) *Laboratory methods of research in biology, veterinary medicine: a guide* [Laboratorni metody doslidzhen u biolohiyi, tvarynnytstvi ta veterynarniy medytsyni], Spolom, Lviv, 764 p.
2. Hnativ V. V., Demchak Kh. S., Babulenko O. M. (2013) "*Reactive oxygen species in the pathogenesis of angiopathy at diabetes mellitus of type 2"* ["Aktivni formi kisnju v patogenezi angiopatij pri cukrovomu diabeti 2go tipu"], *Med himija*, 1, 54, pp. 145-149.
3. Danchenko N., Polyakova V., Babak V., Veselskiy S., Salata I., Tsudzevych B. (2013). "*Effect aloksanu on some characteristics of carbohydrate and energy metabolism in rats"* ["Vpliv aloksanu na dejaki harakteristiki vuglevodnogo ta energetichnogo obminu u shhuriv"], *Visnik Kiïvs'kogo nacional'nogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka*, 16, pp. 56-57.
4. Korobeynikova S. N. (1989). "*Modification of definition of lipid peroxidation products in reaction with thiobarbituric acid*" ["Modifikacija opredelenija produktov POL v reakcii s tiobarbiturovoj kislotoj"], *Laboratornoye Delo*, 7, pp. 8-9.
5. Korolyuk, M. A., Ivanova, M. I., Maiorova I. T., Tokarev, V. E. (1988) "Method for determination of catalase activity" ["Metod opredelenija aktivnosti katalazy"], *Laboratornoye Delo*, 1, pp. 16-19.

6. Lanovets I. I., Timchenko A. S., Tsugorkaya T. M. (2012) "*Glutathione and oxidative stress*" ["Glutation i oksidativnij stress"]. *Gematologija i perelivannja krovi*, 1, 36, pp. 168-177.
7. Mironchik V. V. (1998). Method of determining the content of lipid hydroperic acids in biological tissues [Sposob opredeleniya gidroperekisey lipidov v biologicheskikh tkanyakh]. Avtorskoye svidetel'stvo №1084681 SSSR, MKI G №33/48. (SSSR). №3468369/2813; Byul. №13.
8. Moin V. M. (1996). "*A simple and specific method for the determination of glutathione peroxidase in erythrocytes"* ["Prostoj i specificheskij metod opredelenija aktivnosti glutationperoksidazy v jeritrocitah"], *Laboratornoye Delo*, 12, pp. 724-727.
9. Bansal A. K, Bilaspuri G. S. (2011). Impacts of oxidative stress and antioxidants on semen functions. Vet. Med. Int, 7. doi: 10.4061/2011/686137.
10. Bergmeyer H. U., Gawehn K., Grassl M. (1971). Methods of Enzymatic Analysis. Verlag Chemie, 1, pp. 481-482.
11. Chandirasegaran G., Elanchezhiyan C., Ghosh K. (2018). Effects of Berberine chloride on the liver of streptozotocin-induced diabetes in albino Wistar rats. Biomedicine & Pharmacotherapy, 99, pp. 227-236. doi:10.1016/j.biopha.2018.01.007.
12. Chen Y., Watson H. M., Gao J., Sinha S. H., Cassady C. J., Vincent J. B. (2011). Characterization of the organic component of low-molecularweight chromium-binding substance and its binding of chromium, J Nutr, 141, 7, pp. 1225-1232. doi: 10.3945/jn.111.139147.
13. Domingo J. L., Gomez M. (2016). Vanadium compounds for the treatment of human diabetes mellitus: a scientific curiosity? A review of thirty years of research. Food Chem Toxicol, 95, pp. 137-141. doi: 10.1016/j.fct.2016.07.005.
14. González-Villalva A., Bizarro-Nevares P., Rojas-Lemus M., Rodríguez-Lara V., García-Pelaez I., Ustarroz-Cano M., López-Valdez N., Albarrán-Alonso J. C., Fortoul T. I. (2016). Pollution by metals: is there a relationship in glycemic control? Environ Toxicol Pharmacol, 46, pp. 337-343. doi: 10.1016/j.etap.2016.06.023.
15. Hiromura M., Nakayama A., Adachi Y., Doi M., Sakurai H. (2007). Action mechanism of bis(allixinato) oxovanadium(IV) as a novel potent insulin-mimetic complex: regulation of GLUT4 translocation and FoxO1 transcription factor. J Biol Inorg Chem, 12, 8, pp. 1225-1287.
16. Kakkar R., Kalra J., Mantha S. V., Prasad K. (1995). Lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes in diabetic rats. Mol. Cell Biochem, 151, 2, pp. 113-119.
17. Kalinina E. V., Chernov N. N., Novichkova M. D. (2014). Role of glutathione, glutathione transferase, and glutaredoxin in regulation of redox-dependent processes. Biochemistry, 79, 19, pp. 1562-1583. doi: 10.1134/S0006297914130082.
18. Kim A. D., Zhang R., Kang K.A., You H.J., Hyun J.W. (2011). Increased glutathione synthesis following Nrf2 activation by vanadyl sulfate in human chang liver cells. Inter J Mol Sciences, 12, 12, pp. 8878-8894. doi: 10.3390/ijms12128878.
19. Kumawat M., Sharma T. K., Singh I., Singh N., Ghalaut V. S., Vardey S. K., Shankar S. V. (2013). Antioxidant Enzymes and Lipid Peroxidation in Type 2 Diabetes Mellitus Patients with and without Nephropathy. No Am J Med Sci, 5, 3, pp. 213-219. doi: 10.4103/1947-2714.109193.
20. Mahendra D., Sachin Somwanshi D., Sandeep Ghuge H., Nagane N. S. (2014). Oxidative Stress in Type II Diabetes Mellitus. Biomedical Research, 25, 1, pp. 84-87.
21. Rohilla A., Ali S. (2012). Alloxan Induced Diabetes: Mechanisms and Effects. Int. J. Res. Pharma Biomedical Sci, 3, 21, pp. 819-823.
22. Rosenbloom A. L. (2007). Hyperglycemia crises and their complications in children. J. Pediatr. Endocrinol. Metab., 20, 1, pp. 5-18.
23. Tiwari B. K., Pandey K. B., Abidi A. B., Rizvi S. I. (2013). Markers of oxidative stress during diabetes mellitus. J Biomark. doi:10.1155/2013/378790.
24. Vincent J. B. (2013). Chromium: is it essential, pharmacologically relevant, or toxic? Met Ions Life Sci. V.13, pp. 171-198. doi: 10.1007/978-94-007-7500-8_6.
25. Xie M. J., Yang X. D., Liu W. P., Yan S.P., Meng Z. H. (2010). Insulin-enhancing activity of a dinuclear vanadium complex: 5-chloro-salicylaldhyde ethylenediamine oxovanadium(V) and its permeability and cytotoxicity, J Inorg Biochem, 104, pp. 851-857. doi:10.1016/j.jinorgbio.2010.03.018.

ІСТОРІЯ ФАКУЛЬТЕТУ ТА УНІВЕРСИТЕТУ

УДК 378.4 (477.74-21) **doi 10.18524/2077-1746.2019.1(44).167881**

С. Г. Коваленко, к.б.н., доцент,
Т. В. Васильєва, к.б.н., доцент,
О. Ю. Бондаренко, к.б.н., доцент,
В. В. Немерцалов, к.б.н., доцент,
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра ботаніки,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: tvas@ukr.net; wism@ukr.net

АКАДЕМІК УКРАЇНСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК А. М. КРИШТОФОВИЧ – ВИПУСКНИК НОВОРОСІЙСЬКОГО (ЗАРАЗ ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА) УНІВЕРСИТЕТУ
(До 100-річчя Національної академії наук України)

Висвітлено життєвий шлях та наукові здобутки А. М. Криштофовича – випускника Новоросійського університету, видатного вченого, академіка НАН України, одного із засновників вивчення палеоботаніки у Росії та колишньому СРСР. Особливу увагу приділено часу його перебування в Одесі. Представлені гербарні зразки, зібрані або опрацьовані ним, що зберігаються у гербарії MSUD. Підкреслено його міжнародну діяльність та численні експедиції у різні куточки світу.

Ключові слова: історія науки; А. М. Криштофович; гербарій Одеського національного університету імені І.І. Мечникова (MSUD).

Академіками Української національної академії наук за сторічний період її існування були вчені, які зробили визначний внесок у розвиток світової науки. Чільне місце серед них займають і випускники Новоросійського (нині Одеського національного імені І. І. Мечникова) університету. Одним з них був Африкан Миколайович Криштофович – геолог, палеоботанік, член-кореспондент АН СССР (1953), академік АН Української РСР (1945), доктор біологічних наук (1926), доктор геологічних наук (1934), лауреат Державної (Сталінської) премії (1946) (рис. 1).

Метою нашої роботи було проаналізувати життєвий шлях випускника Новоросійського університету (нині Одеського національного університету імені І. І. Мечникова) Африкана Миколайовича Криштофовича, згадати основні факти його біографії, оцінити значення «одеського періоду» в становленні і дослідженнях вченого та оприлюднити його внесок у розвиток науки.

Матеріали та методи

Матеріалом для дослідження були гербарні збори А. М. Криштофовича, дані інших вчених, які досліджували його персоналію [3, 5].

© С. Г. Коваленко, Т. В. Васильєва, О. Ю. Бондаренко, В. В. Немерцалов, 2019

Рис. 1. А.М. Криштофович в Одесі. 50-ті роки XX ст. [2]

У хронологічному порядку наведені найбільш видатні події у житті А. М. Криштофовича, які дозволили йому стати унікальним вченим.

Було проаналізовано гербарні аркуші рослин, зібрані А. М. Криштофовичем у роки навчання в Новоросійському університеті, а також визначені ним гербарні зразки, що зібрані ним та іншими дослідниками в експедиціях у 1911-1915 рр. і зберігаються в історичній колекції Гербарію ОНУ (MSUD). Назви рослин, їх таксономічна належність наведені за номенклатурою того часу, назви населених пунктів цитуються згідно з інформацією, представленою на етикетках. В роботі використовували класичні загальновідомі методи аналізу гербарних колекцій. У житті вченого можна виділити декілька хронологічних періодів та етапів становлення. Одеський період охоплює події 1903–1914 рр. Це були роки навчання на кафедрі ботаніки Природничого факультету в Новоросійському університеті, пошуки свого шляху у науці, роки перших експедицій. Другий період пов'язаний із Ленінградом (Петроград у 1914–1924 рр., зараз Санкт-Петербург, РФ) з 1914 року до кінця життя, за винятком років другої Світової війни, коли він перебував у Ташкенті. Цей період був також багатий експедиціями та подорожами, але А. М. Криштофович вже заявив про себе як геолог і палеоботанік – унікальний спеціаліст з викопної флори та засновник вітчизняної палеонтологічної школи.

Результати та їх обговорення

Африкан Миколайович Криштофович (9.XI.1885 – 8.XI.1953) народився у с. Криштопівка Павлоградського повіту Катеринославської губернії у родині банківського службовця Миколи Аполоновича Криштофовича. Мати – Антоніна Миколаївна – була дочкою московського присяжного повіреного Миколи Олександровича Плечка. З батьком він жив до 4-річного віку, мав сестру Тамару, а потім мати вийшла заміж вдруге за Євгена Федоровича Криштофовича і народила ще п'ятьох дітей. Нянею у хлопчика була дівчинка із сусіднього села, яка була на рік старшою. Оскільки родина з-за роботи батька часто переїздила, А. М. Криштофович почав вчитися у народній школі м. Києва (1893 р.), потім у підготовчому класі Одеської 4-ої гімназії (1894 р.), Першій Київській гімназії (1895 р.) і 1896–1903 рр. у Павлоградській класичній гімназії, яку він закінчив зі срібною медаллю і став студентом Природничого відділення Фізико-математичного факультету Новоросійського університету. У гімназії він захоплювався астрономією, класичною літературою, історією Древнього Риму, вивчав латину, грецьку, німецьку, французьку мови, надалі самостійно вивчив англійську, іспанську, був спроможний читати японською спеціальну літера-

туру. З самого початку навчання в університеті брав участь у роботі студентського біологічного гуртка. У цьому гуртку, заснованому у 1904 р., студенти мали змогу вибрати свій науковий шлях, спілкуючись із відомими вченими і захопленими дослідниками, серед яких були професори П. М. Бучинський, Г. І. Танфільєв, О. Г. Набоких, В. А. Ротерт, В. В. Зав'ялов, приват-доценти М. М. Зеленецький, Я. Ю. Бардах, тоді лаборанти Ф. М. Породко та І. В. Новопокровський і багатьох інших [1]. Роботи членів гуртка видавались у вигляді збірників. І у першому ж номері було надруковано першу статтю молодого науковця «Нарис весняної рослинності с. Криштопівка Павлоградського повіту Катеринославської губернії» [2]. А. М. Криштофович разом із іншими членами гуртка – І. П. Хоменком, О. Г. Алексеєвим, В. І. Крокосом під керівництвом проф. В. Д. Ласкарева часто виїздили в околиці Одеси на розкопування вимерлих тварин (слонів, гієн, страусів), виходили у море для драгування біля університетської біостанції в районі Малого Фонтану, працювали у Музеї при Імператорському Технічному товаристві. Весною 1906 р. О. О. Браунер запропонував йому дослідити бухту Ласпі у Криму. Результатом досліджень була підготовлена А. М. дипломна робота «Нарис рослинності Ласпі та Байдарської долини (Крим)», у якій йшлося про понад 600 назв рослин і висловлювалася думка про те, що флора південного берега Криму є залишком третинної флори середземноморського типу, що відступила у зв'язку з охолодженням клімату.

Особиста захопленість природничими дослідженнями і спілкування із такими неординарними особистостями, видатними вченими – дослідниками, цікавими широко ерудованими людьми сильно вплинула на подальше становлення та розвиток молодого дослідника. Пізніше, у своєму життєпису, який А.М. надіслав у 1939 р. Г. Й. Потапенку, він писав: «Під впливом цих двох факторів – гуртка і Браунера – з особистого складу гуртка того часу вийшло не менше 20 осіб академіків, професорів і взагалі наукових працівників, які зайняли певне місце у науці» [6].

В гербарії ОНУ (MSUD), який з 2004 року занесено до переліку об'єктів, що становлять Національне надбання України, зберігаються аркуші студентських гербаріїв А. М. Криштофовича. Рослини були зібрані ним у 1905 р. Звертають на себе увагу етикетки, підготовлені автором (рис. 2).

На них вказано назву рослини, місце та дату збору. З таблиці 1 видно, що збори проводились у квітні-травні 1905 р. в степу, саду, на схилах.

Як видно з даних, наведених у табл. 1, збиралися досить розповсюджені види, але їх визначення і опис місцезнаходження зроблено добре. Звертають на себе увагу ретельно виписані на етикетках назви рослин та місця їх збору, а також застосування спеціально виготовленого штампу, на якому нанесена інформація щодо місця і дати збору, а також прізвище колектора.

Поряд з ботанічними дослідженнями, у А. М. Криштофовича виник інтерес до палеоботаніки. Це сталося після того, як проф. Ф. М. Каменський, побувавши на Міжнародному ботанічному конгресі у Відні, розповів про доповідь

Г. Д. Скотта щодо насінних папоротей. Це настільки захопило А. М., що він почав працювати із матеріалами, наданими йому проф. В. Д. Ласкаревим, які містили залишки третинної флори, а потім із зібранням мезозойської флори, що були отримані від проф. Д. І. Мушкетова. У 1909 р. А. М. Криштофович обробив залишки відкладень меотичного ярусу з Хаджибейського лиману, що їх було зібрано у 70-х роках XIX ст. проф. М. І. Андрусовим.

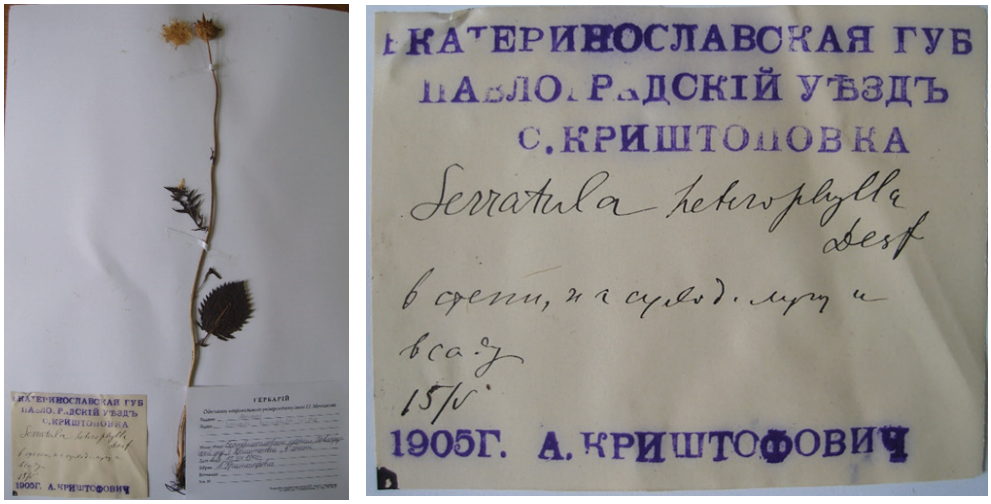


Рис. 2. Гербарний аркуш та етикетка Serratula heterophylla Desf. Рослина зібрана А. Криштофовичем у с. Криштопівка Катеринославської губернії, Павлоградського повіту 15 травня 1905 року. Вказано, що такі рослини зростали у степу, на суходольному лузі та у саду.

Таблиця 1

Збори А. М. Криштофовича з с. Криштопівка у 1905 р.

Родина	Вид	Місце збору	Дата збору
Compositae (Asteraceae)	*Anthemis ruthenica* M.B.	На схилах густо	10.05
	Serratula heterophylla Desf.	В степу, на суходольному лузі	15.05.
Caryophyllaceae	*Cerastium nemorale* L.	В саду серед дерев і у затінку	21.04.
Ranunculaceae	*Ranunculus illyricus* L.	В степу і в саду, часто	10.05.

У 1908–1910 рр. А. М. Криштофович був професорським стипендіатом (аспірантом) із щомісячною стипендією 50 крб. В цей час він працював у Переселенському управлінні, досліджуючи Іркутський район по Тирет-Жигалівському тракту та Око-Ангарський край. На початку літа 1909 р. він зібрав викопні флори у Донецькому басейні і на зароблені 200 крб. поїхав у вимріяну їм подо-

рож до Єгипту на пароплаві у приміщеннях 3 класу на нарах закритої палуби разом із мусульманами-паломниками, які їхали до Мекки. Дорогою оглянув Константинополь, Афіни, руїни древніх Фів. На півночі Африки у пустелі він збирав гербарій сучасної флори. Основні гербарні збори того часу зберігаються у Гербарії Ботанічного інституту (LE) (Санкт-Петербург, РФ), але декілька зразків є і у гербарії ОНУ (MSUD).

У 1910 р. знову виїхав для досліджень в Око-Ангарський край і відразу з Іркутська попрямував до Японії, де ознайомився з викопною флорою цієї країни, а також Китаю і Кореї.

Пізніше, у 1911–1913 рр. брав участь у експедиціях до Криму та Середньої Азії (табл. 2). Гербарні збори цього періоду містять зразки рослин, як зібрані самим А.М., так і визначені ним.

Таблиця 2

Збори А. М. Криштофовича 1911–1913 рр. у гербарії ОНУ (MSUD) (цит. за інформацією на етикетках)

Родина	Вид	Дата збору	Місце збору	Колектор
Aceraceae	*Acer semenovii* Regel and Herd.	12.07.1913	Ферганська обл. Ошський п. Кара-Гантексбир	Броневський
		3.02.1911	Сир-Дар'їнська обл. Петр. п. ущелина Талди-аз	Нікольський
		22.07.1913	Бухарське ханство р. Сардан-міона	Криштофович
		10.05.1913	Бухарське ханство долина р. Ях-су	Міхельсон
Chenopodiaceae	*Halocharis hispida* C.A. M.	15.08.1912	Buchara merid.	Kiritsenko
Labiatae (Lamiaceae)	*Salvia aethiopis* L.*		In Tauria	Sredinski
Polygonaceae	*Polygonum bellardii* All. s. str.	12.06.1912	Buchara merid.	Kiritsenko

Примітка:* – вид визначений А. М. Криштофовичем та М. Л. Окіншевичем, усі інші види визначені А. М. Криштофовичем

У 1911 р. він здав магістрантський іспит і з 1912 р. став приват-доцентом університету та лаборантом Ботанічного кабінету [1]. У той час збирав викопну флору у с. Липкани (Бессарабія). Тоді ж він почав читати факультативний курс палеоботаніки. Влітку 1912 р. А. М. побував у відрядженні у Берлині, де спілкувався з основоположником німецької палеонтології Г. Потоньє та його учнем – В. Готаном. У Лондоні він попрацював у професора А. Ч. Сьюорда (A. C. Seward) та його учениці – міс Мері Стопс, відвідав Британський музей. У Парижі познайомився із роботами проф. Р. Цейлера (Zeiller) – знавця юрської флори Тонкіна та Гастона Маркуса де Сапорта, який вивчав вічнозе-

лену флору Палеогену Західної Європи, яка нагадала А. М. «тропічну» палеогенову флору України. Наступного року він здійснив наукові подорожі до Відню, Риму, Будапешту, а також Австралії і Японії. Разом з проф. О. Г. Набоких А. М. Криштофович плідно працював у Харківській губернії, де вперше у Росії описав викопні ґрунти під курганами, а потім – залишки міоценової сарматської флори з р. Кринки (Донецька обл.) та верхньокрейдяної флори південного Уралу. У 1913–1915 рр. за дорученням геологічного комітету і за сприяння Головного ботанічного саду здійснив декілька експедицій для збору матеріалу біля р. Кринки. Тільки у 1913 р. ним було зібрано понад 2000 зразків.

З 1914 р. А. М. досліджував Сибір, Приамур'я, Сахалін. За запрошенням американського палеонтолога Р. Дікерсона брав участь у геологічній експедиції на Філіппінські острови. Всюди він робив збори залишків третинної та мезозойської флор.

З 1914 р. Африкан Миколайович переїхав до Петрограду (зараз С.-Петербург, РФ) і став ад'юнкт-геологом у Геологічному комітеті, а потім з 1924 р. – старшим геологом.

У 1917–1924 рр. А. М. працював у Владивостоку на Далекому Сході, де брав активну участь у створенні Далекосхідного геологічного комітету.

У 1924–1931 рр. він був старшим геологом Вугільного геологорозвідувального інституту Головного геологорозвідувального управління та Головного ботанічного саду (з 1931 р. Ботанічний інститут АН СРСР).

У 1931 р. А. М. Криштофович опублікував монографічний опис 18 видів викопних рослин з р. Кринки, серед яких були залишки мохів та папоротей, хвойних (*Pinus*, *Taxodium*, *Sequoia Lansdorfii*) та однодольних (*Smilax*), а у 1941 р., поки не прийшлося евакуюватися з Ленінграду до Ташкенту, працював над зразками *Vaccinium* з цього району.

За свою наукову, практичну та громадську діяльність був нагороджений (1923 р.) срібною медаллю М. М. Пржевальського, цього ж року від Державного Географічного товариства, срібною медаллю П. П. Семенова Тянь-Шанського (1924 р.), подякою та грошовою премією (1925 р.) за відкриття родовища нафти на Західному березі о. Сахаліну, золотою медаллю ім. Ф. П. Літке за сукупність палеоботанічних робіт з дослідження Далекого Сходу [3, 6].

Одеський період А. М. Криштофовича можна вважати закінченим 25.11.1926 р., коли на засіданні науково-дослідних кафедр геології та географії Одеського інституту народної освіти (нині ОНУ імені І. І. Мечникова) відбувся захист його докторської дисертації на тему «Крейдяна флора Руського Сахаліну», але до міста він повертався неодноразово, проте на недовгий термін.

Хоча він був видатним, відомим у світі дослідником, його життя склалося дуже важко. 8.05.1930 р. його було заарештовано згідно так званої «справи Академії Наук» і 1,5 роки він провів у Ленінградській тюрмі «Хрести». За втручання видатних вчених ув'язнення замінили на висилання до Свердловська (Єкатеринбург, РФ) на 5 років з правом читання лекцій. Він продовжував

активно працювати і у 1933 р. разом із В. Д. Принадою опублікував «Визначник мезозойської флори».

У 1934 р. ВАК присвоїла йому ступінь доктора геологічних наук без захисту. У 1936 р. Національне географічне товариство США, а у 1946 р. – Лондонське географічне товариство обрали його почесним членом. Був одним із засновників Всесоюзного палеоботанічного товариства. З 1935 р. він виконував обов'язки зам. голови товариства, а у 1937 р. був куратором Симпозіуму з палеокліматів Міжнародного Геологічного Конгресу. Був обраний віце-президентом Міжнародного палеонтологічного союзу. Крім того, брав активну участь у виданні «Флори СРСР», працював консультантом з видання словника російської мови тощо. 1945 р. він став академіком НАН України [4], а у 1946 р. отримав Державну (Сталінську) премію за підручник «Палеоботаніка». Був нагороджений орденами Леніна та Трудового Червоного Прапора.

У 1953 р. А. М. був обраний членом-кореспондентом АН СРСР. Крім Ленінграду, він жив і викладав у вишах Москви, Києва, Ташкенту, Свердловська. Був автором понад 500 наукових робіт у галузі палеоботаніки, стратиграфії, палеогеографії тощо.

Його ім'ям названо гірський хребет на Курильських островах, кратер на Марсі та 85 різних таксонів (видів, родів, родин) викопних рослин та тварин.

Помер А. М. Криштофович у Ленінграді і похований разом із дружиною Вірою Михайлівною на Серафімівському кладовищі.

А. М. Криштофович є унікальним вченим, який поєднав в собі професійні знання багатьох розділів природничих наук: палеонтології, ботаніки, геології, географії, ґрунтознавства, палеокліматології та викладача і популяризатора науки. Африкан Миколайович багато мандрував світом, був енциклопедично обізнаною людиною, знав 7 іноземних мов: латинську, грецьку, німецьку, французьку, англійську, іспанську, міг читати японською. Висвітлено значення «одеського періоду», що був часом становлення вченого. Так, Г. Й. Потапенко згадував про нього як про видатного вченого і блискучого дослідника, людину високих душевних якостей і прекрасного педагога, який з радістю ділився знаннями з учнями та послідовниками [6]. У роботі вперше охарактеризовані гербарні збори «одеського періоду» життя А. М. Криштофовича, наведено його авторську етикетку.

Захоплений наукою випускник Новоросійського університету зумів досягти вершин у науці, створити власну наукову школу і виховати достойних послідовників.

Стаття надійшла до редакції 12.12.2018

Список використаної літератури

1. Коваленко С. Г. Ботаніки і ботанічні дослідження в Одеському національному університеті ім. І. І. Мечникова (1865-2005) / С. Г. Коваленко, Т. В. Васильєва, Г. А. Швець. – Одеса: Фенікс, 2005. – С. 21–22.
2. Криштофович А. Н. Избранные труды. Т. 1. – М.-Л.: Изд АН СССР, 1959. – С. 467–484.
3. Криштофович В. М. Африкан Николаевич Криштофович (биографический очерк) / В. М. Криштофович, С. А. Музылёв / А. Н. Криштофович. Избранные труды. Т. 3. – М.-Л.: Наука, 1966. – С. 1–29.
4. Національна Академія наук України: персональний склад. 1918–2003 / уклад.: В. М. Палій, Ю. О. Храмов; відп. ред. В. Л. Богданов. – К.: Фенікс, 2003. – 300 с.
5. Немерцалов В. В. Одесский период деятельности А. Н. Криштофовича / В. В. Немерцалов, Т. В. Васильева, С. Г. Коваленко // Тез. V чтений памяти А. Н. Криштофовича (Санкт- Петербург, 25-26 октября 2004 г.). – СПб., 2004. – С. 64–66.
6. Потапенко Г. И. История кафедры ботаники Одесского государственного университета за 75 лет существования (1865-1940) / Г. И. Потапенко. – Одесса: Печатный дом, 2010. – 88 с.

С. Г. Коваленко, Т. В. Васильева, Е. Ю. Бондаренко, В. В. Немерцалов
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра ботаники
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина,
e-mail: tvas@ukr.net; wism@ukr.net

АКАДЕМИК УКРАИНСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК А. Н. КРИШТОФОВИЧ – ВЫПУСКНИК НОВОРОССИЙСКОГО (НЫНЕ ОДЕССКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИМЕНИ И. И. МЕЧНИКОВА) УНИВЕРСИТЕТА. (К 100-ЛЕТИЮ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ)

Резюме

Целью работы был анализ жизненного пути выпускника Новороссийского (ныне Одесского национального имени И. И. Мечникова) университета Африкана Николаевича Криштофовича, основной части его биографических фактов, оценка значения «одесского» периода в формировании и исследованиях ученого и его выдающегося вклада в науку.

Материалы и методы. Материалами для исследований были гербарий А. Н. Криштофовича, работы ученых, которые изучали его биографию. Хронологически указаны наиболее важные события в жизни А. Н. Криштофовича. Проанализированы гербарные сборы растений, которые были обнаружены А. Н. Криштофовичем и другими исследователями в экспедициях 1911–1913 годов и определены им, находящиеся в Гербарии ОНУ (MSUD). Названия растений представлены согласно номенклатуре того времени, названия населенных пунктов – согласно информации на этикетках. В жизни ученого мы можем указать следующие хронологические периоды и этапы. В «одесский» период (1903–1914 гг.) он учился на кафедре ботаники естественного факультета Новороссийского университета, выбирал свой путь в науке, принимал участие в первых экспедициях. Второй период связан с Ленинградом (ныне Санкт-Петербургом, РФ) с 1914 года до последних дней его жизни. В этот период было много экспедиций, но затем он стал геологом – уникальным специалистом по ископаемой флоре и основателем отечественной палеонтологической школы.

Результаты и выводы. Африкан Николаевич Криштофович был геологом, палеоботаником, членом-корреспондентом АН СССР (1953), академиком АН Украины (1945), доктором биологических наук (1926), доктором геологических наук (1934), лауреатом Государственной (Сталинской) премии (1946). В 1936 году национальное географическое общество США и в 1946 году – географическое общество Лондона избрали его почетным членом. Являлся одним из основателей палеоботанического общества СССР. Он был автором более 500 научных работ по палеоботанике, палеогеографии и т.д. Его именем названы гора на Курильских островах, кратер на Марсе и 85 различных таксонов (видов, родов, семейств) ископаемых растений и животных. В этой работе впервые представлена гербарная коллекция «одесского» периода жизни А. Н. Криштофовича, приведена его авторская этикетка. Этот период был временем его творчества и становления как ученого. Умер Африкан Николаевич Криштофович в Ленинграде.

Ключевые слова: история науки; А. Н. Криштофович; гербарий Одесского национального университета имени И. И. Мечникова (MSUD)

S. G. Kovalenko, T. V. Vasylieva, O.Yu. Bondarenko, V. V. Nemertsalov
Odesa Mechnykov National University, Department of Botany
2, Dvorianska str., Odesa 65082, Ukraine, e-mail: tvas@ukr.net; wism@ukr.net

ACADEMICIAN OF UKRAINE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE A. M. KRYSHTOFOVYCH – A GRADUATE OF NOVOROSSIAN (NOW ODESA MECHNYKOV NATIONAL) UNIVERSITY (TO THE 100TH ANNIVERSARY OF UKRAINIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE)

Abstract
The aim of the work was to analyse the life way of a graduate of Novorossian (now Odesa Mechnykov National) University African Mykolaiovych Kryshtofovych and the main facts of his biography, to estimate the importance of "Odesa' period" in formation and investigations of the scientist and his valuable contribution to science.
Materials and methods. The materials for investigations were A. M. Kryshtofovych herbarium collections, works of other scientists, who had studied his biography. The most important moments in the life of A. M. Kryshtofovych were chronologically indicated. Herbarium collections of plants made by A. M. Kryshtofovych and collected by him and other investigators and identified by him in expeditions of 1911-1913 from the historical collection of Herbarium ONU (MSUD) were analysed. The names of plants and their taxonomy were presented in accordance with the nomenclature of those times, the names of settlements – from the information on the labels. In the life of the scientist we can indicate some chronological periods and stages. In "Odesa" period (1903 –1914) he studied at the botany department of Natural faculty of Novorossian University, choose his way in science, took part in first expeditions. The second period was connected with Leningrad (now Sankt-Petersberg, RF) from 1914 till the last days of his life. There were many expeditions in this period, but then he became a geologist – a unique specialist in fossil flora and a founder of paleontological school.

Results and conclusions. African Mykolaiovych Kryshtofovych was a geologist, paleobotanist, corresponding member of AS USSR (1953), an academician of Ukraine AS (1945), doctor of biological sciences (1926), doctor of geological sciences (1934), an awardee of State (Stalin) Prize (1946). In 1936 National geographical society of USA and in 1946 – London's geographical society made him an honorable member. He was one of the founders of paleobotanical society of the USSR. He was the author of more than 500 scientific works in paleobotany, paleogeography, etc. His name was given to a mountain in the Kurile Islands, a crater on Mars and 85 different taxons (species, genus, families) of fossil plants and animals. In this work the herbarium collection of "Odesa' period" of Kryshtophovych's life, his author' label are presented. The said period was the time of his becoming a scientist. He died in Leningrad.

Key words: history of science; A. M. Kryshtofovych; herbarium of Odesa Mechnykov National University (MSUD)

References

1. Kovalenko S. G., Vasylyeva T. V., Shvets G. A. (2005) *Botanists and botanical investigations in Odesa Mechnikov National University (1865-2005)* [Botaniky I botanichni doslidgennya v Odec'komu nationalnomu universiteti im. I. I. Mechnikova (1865-2005)], Odesa: Phenix, pp. 21–22.
2. Krishtofovich A. N. (1959) *Selected Works* [Izbrannye Trudy], T. 1, M.-L.: Izd AN SSSR, pp. 467 – 484.
3. Krishtofovich V. M., Muzylev S. A. (1966) *Afrikan Nikolaevich Krishtofovich (biographical essay). A. N. Krishtoflovich Selected Works* [Afrikan Nikolaevich Krishtofovich (biograficheskii ocherk). A. N. Krishtoflovich Izbrannye Trudy], T. 3, M.-L.: Nauka, pp. 1-29.
4. National Academy of science of Ukraine: personal composition. 1918–2003 (2003) [Nationalnaya Academia nauk Ukrainy: personalnyi sostav], V. M. Palyi, Yu. O. Hramov; main editor V. L. Bogdanov, Kiev: Phenix, 300 p.
5. Nemertsalov V. V., Vasylyeva T. V., Kovalenko S. G. (2004) *Odessa period activity of A. N. Krishtofovich. Abstract. V readings in memory of A. N. Krishtofovich* (St. Petersburg, October 25-26, 2004) [Odesskii period deiatel'nosti A. N. Krishtofovicha, Tez. V chtenii pamiati A. N. Krishtofovicha (Sankt- Peterburg, 25-26 oktiabria 2004 g.)], SPb., pp. 64–66.
6. Potapenko G. I. (2010) *History of botanical chair of Odessa state university from 75 years of existence (1865-1940)* [Istoriya kafedry botaniki Odesskogo gosudarstvennogo universiteta za 75 let sushchestvovaniya (1865-1940)]. Odessa: Pechatnyi dom., 88 p.

НАШІ ЮВІЛЯРИ

ДО 60-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ВАЛЕРІЯ ПЕТРОВИЧА ГЕРАСИМЮКА

Цього року святкує 60 річчя Валерій Петрович Герасимюк – заступник декана біологічного факультету з виховної роботи, доцент, кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки. Він народився 3 лютого 1959 року у м. Одесі. Після закінчення з відзнакою Одеського державного (зараз Одеського національного) університету імені І. І. Мечникова у 1982 році, почав працювати на кафедрі ботаніки університету, де працює дотепер, пройшовши шлях від лаборанта до доцента. Ще у студентські роки, виконуючі обов'язки старости студентського гуртка на кафедрі ботаніки, зацікавився діатомовими водоростями. Кандидатську дисертацію «Діатомові водорості бентосу Хаджибейського та Куяльницького лиманів (Північно-Західне Причорномор'я)» захистив 1993 року на засіданні спецради в Інституті ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України. Науковим керівником роботи був М. О. Гусляков (1950-2004). Вивченням цих водоростей він займається досі. Зараз В. П. Герасимюк став одним з відомих фахівців-діатомологів в Україні. Він досліджує систематичний склад діатомових водоростей та особливості їх біології та екології у Чорному морі, прилеглих до нього водоймах, в акваторії острову Зміїного, водоймах різного походження та рівня солоності на території Одещини, України та зарубіжних держав. Завдяки його дослідженням знайдено нові види цієї групи водоростей для території України та регіону. Має десятки статей у фахових журналах. Є співавтором визначника «Атлас диатомовых водорослей бентоса Северо–Западной части Чёрного моря и прилегающих водоёмов» разом з М. О. Гусляковим та О. А. Закордонцем та капітальної праці «Algae of Ukraine: Diversity, Nomenclature, Taxonomy, Ecology and Geography», де за його авторством надруковані статті у другому та четвертому томах. За останні роки всі заходи на біологічному факультеті та в ОНУ: спортивні змагання, концерти, «битви факультетів», медогляд, робота кураторів академічних груп проходять за участі та безпосередньої організаційної роботи В. П. Герасимюка. Багато років він є членом Вченої ради факультету. Читає лекції, працює із студентами.

Колектив кафедри ботаніки, викладачі, студенти та випускники біологічного факультету щиро вітають Валерія Петровича з днем народження. Сподіваємося, що міцне здоров'я, жага до нового, творча наснага, невтомність та успіхи не обминуть ювіляра, що завдяки його роботі біологічний факультет завжди буде попереду у рейтингу виховної роботи факультетів Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

ДО 70-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ФЕДОРА ПЕТРОВИЧА ТКАЧЕНКА

10 квітня 2019 р. виповнилося 70 років від дня народження професора, доктора біологічних наук Федора Петровича Ткаченка – відомого українського вченого в галузі ботаніки, альгології, мікології.

Ф. П. Ткаченко народився в смт. Веселинове Миколаївської області. Після закінчення школи служив у Військово-морському флоті.

У 1971-1976 роках навчався на біологічному факультеті Одеського державного (зараз національного) університету імені І. І. Мечникова, а у 1976-1979 рр. був аспірантом кафедри ботаніки ОНУ під керівництвом професора І. І. Погребняка. Працював молодшим науковим співробітником на кафедрі гідробіології і загальної екології (1979-1982 рр.). У 1982 році захистив кандидатську дисертацію на тему: «Кладофоры северо-западной части Черного моря и их значение в биологической оценке воды».

Далі працював асистентом кафедри ботаніки (1982-1991 рр.), у 1991-2001 рр. – доцентом. У 2001-2004 рр. – перебував у докторантурі по кафедрі ботаніки. У 2006 р. представив до захисту докторську дисертацію на тему: «Макрофітобентос північно-західної частини Чорного моря (флора, розповсюдження, екологія, перспективи практичного використання)», яку успішно захистив у 2007 р. в спеціалізованій Раді при Київському національному університеті імені Тараса Шевченка. З 2007 р. – професор кафедри ботаніки ОНУ, а з 2014 р. – завідувач цієї кафедри.

Постійно оновлює програми курсів, які читає студентам, наповнює їх зміст сучасними досягненнями біологічної науки.

Коло наукових інтересів Ф. П. Ткаченка досить широке. Це, перш за все, систематика водоростей-макрофітів і моніторинг їх складу у різноманітних акваторіях Чорного моря і прилеглих територій Північного Причорномор'я. Особлива увага приділена філофорному полю Зернова і прибережжю острова Зміїний. За результатами цих досліджень опубліковано десятки статей як у вітчизняних, так і зарубіжних виданнях.

Певною мірою результати його наукової діяльності підсумовані у навчальному посібнику з грифом МОН України «Морські водорості-макрофіти України (північно-західна частина Чорного моря: навчальний посібник» (2011 р.) та у монографіях (у співавторстві): «Лагуны северо-западной части Черного моря, их жизнь и хозяйственное значение» (1986 р.), «Острів Зміїний. Екосистема прибережних вод» (2008 р.), «Водорості Тилігульського регіонального ландшафтного парку (чек-лист, поширення, екологія)» (2017 р.).

Під керівництвом професора Ф. П. Ткаченка на кафедрі ботаніки продовжує розвиватися альгологічний напрямок дослідження як морських, так і прісно-

водних акваторій. Розширюються і інші традиційні ботанічні дослідження, такі як геоботанічні та фітоценологічні. Започатковано новий напрямок досліджень зі структурної ботаніки – анатомічні особливості рослин екстремальних місцезростань (солончаків). Продовжуються фізіолого-біохімічні дослідження сільськогосподарських рослин за різних умов їх вирощування.

У 2018 р. на кафедрі ботаніки відкрита перспективна нова спеціальність «Садово-паркове господарство» і вже навчається перший набір студентів.

Надзвичайно цікаві і важливі прикладні дослідження, виконані Ф. П. Ткаченко разом з колегами з інших кафедр факультету. Вони стосувалися імуномоделюючих властивостей екстрактів деяких їстівних видів водоростей, антибактеріальних і антифунгальних властивостей бурих і червоних водоростей, седативних і стрес-регулюючих властивостей зелених водоростей, гепатопротекторних властивостей ліпідів різних груп водоростей. Широко досліджувався ріст-стимулюючі властивості екстрактів морських водоростей на прикладі сільськогосподарських рослин. Вивчався вплив кормових грибних добавок на тривалість життя і плодючість дрозофіл.

Федір Петрович Ткаченко проявив себе здібним організатором науки і вихователем наукових кадрів. Він є взірцем наполегливого, трудолюбивого і глибоко мислячого вченого, який гуртує навколо себе молодь і старше покоління співробітників кафедри на виконання важливих завдань нашої праці.

Під керівництвом Ф. П. Ткаченка пройшли повну аспірантську підготовку 4 пошукачі з представленням дисертаційних робіт. На жаль, захищена лише одна з них (О. Б. Куцин).

Усього Ф. П. Ткаченко опубліковано біля 200 наукових робіт, з них 70 – статті у фахових вітчизняних і зарубіжних наукометричних виданнях (Український ботанічний журнал, Альгологія, Гідробіологічний журнал, Чорноморський ботанічний журнал, Наукові Вісники різних університетів України тощо).

Ф. П. Ткаченко входить до складу редколегій таких наукових видань як «Чорноморський ботанічний журнал», «Мікробіологія і біотехнологія».

Професор Ф. П. Ткаченко є членом Спеціалізованої вченої ради Д 41.051.06 ОНУ імені І. І. Мечникова. Приймав участь у роботі експертної комісії МОН України з атестації бакалаврських і магістерських програм з ботаніки в інших вузах. Наразі є почесним членом Українського ботанічного товариства і очолює його Одеський осередок.

Активна науково-педагогічна діяльність професора Ф. П. Ткаченка була відзначена Почесними грамотами Одеської обласної ради (2009 р.), міської ради м. Одеси (2019 р.), ректора ОНУ імені І. І. Мечникова (2019 р.).

Ф. П. Ткаченко завжди чуйно відноситься до потреб своїх підлеглих, до нього завжди можна звернутися за порадою і отримати доброзичливу мудру відповідь.

Сьогодні Федору Петровичу вже 70, але хочеться побажати йому ще довгих років життя, надхтнення і щоб його наукова іскорка розгоралася в здобутках прийдешнього покоління молодих вчених.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

1. ПРОФІЛЬ ЖУРНАЛУ

1.1. «Вісник Одеського національного університету. Біологія» здійснює такі публікації:

1. Наукові статті
2. Короткі повідомлення
3. Бібліографія.
4. Матеріали конференцій.
5. Рецензії
6. Матеріали з історії науки та університету

1.2. У певному конкретному випуску один автор має право надрукувати тільки одну самостійну статтю

1.3. Мова видання — українська, російська, англійська

1.4. До редакції «Вісника...» подається

Відредагований і погоджений з редколегією текст статті, записаної на електронному носії у форматі *.doc (гарнітура Times New Roman (Cyr), кегль 14, відстань між рядками 1,5 інтервали; поля: ліве — 2,5 см, праве — 1,5 см, верхнє — 2 см, нижнє — 2 см), набраний без застосування функції «Розстановка переносів» та два підписаних екземпляри «роздруківки» з неї.

Резюме двома мовами (зразок оформлення публікації наведено наприкінці Правил).

Рекомендація кафедри або наукової установи до друку

2. ПІДГОТОВКА СТАТТІ – ОБОВ'ЯЗКОВІ СКЛАДОВІ

Оригінальна стаття має включати:

2.1. Вступ, в якому обговорюють актуальність проблеми, формулюють мету та основні завдання дослідження
2.2. Матеріали і методи дослідження
2.3. Результати дослідження
2.4. Аналіз результатів або їх обговорення
2.5. Висновки
2.6. Список використаної літератури та References
2.7. Анотація мовою оригіналу статті та українською, якщо стаття подається російською або англійською мовами і резюме (українською, англійською)
2.8. Ключові слова

3. ОФОРМЛЕННЯ РУКОПИСУ, ОБСЯГ. ПОСЛІДОВНІСТЬ ТА РОЗТАШУВАННЯ ОБОВ'ЯЗКОВИХ СКЛАДОВИХ СТАТТІ

3.1. Обсяг рукопису наукової статті (з урахуванням малюнків, таблиць і підписів до них, анотацій, резюме, списку літератури) — 8-15 сторінок друкованого тексту, оглядів — до 20 сторінок, рецензій — до 3 сторінок, коротких повідомлень — до 2 сторінок. Рукописи більшого обсягу приймаються до журналу тільки після попереднього узгодження з редколегією.

3.2. Послідовність друкування окремих складових наукової статті має бути такою:

1. **УДК – в лівому верхньому кутку першого аркуша**
2. Прізвище та ініціали автора (авторів) мовою статті, вчений ступінь та посада.
3. Назва наукової установи (в тому числі відділу, кафедри, де виконано працю).
4. Повна поштова адреса (за міжнародним стандартом), телефон та електронна адреса (e-mail) для співпраці з авторами.
5. Назва статті. Вона повинна точно відбивати зміст праці, бути короткою (в межах 9 повнозначних слів), містити ключові слова.
6. Анотація мовою оригіналу друкується перед початком статті з відступом 20 мм від лівого поля. Містить не більше 50 повнозначних слів і передує (окремим абзацом) основному тексту статті.
7. Під анотацією друкуються ключові слова, які відокремлюються крапкою з комою.
8. Далі йде текст статті, що включає основні змістові розділи, список використаної літератури.
9. Таблиці та малюнки разом з підписами та необхідними поясненнями до них розміщуються у тексті статті, після першого згадування про них у тексті
10. На окремому аркуші подаються анотація (російською мовою для україномовних статей та українською мовою для російсько- та англомовних статей) та резюме (українською та англійською мовами), оформлених таким чином: прізвище та ініціали автора (авторів), назва наукової установи, повна поштова адреса установи, назва статті, слово «Резюме» (Abstract), текст резюме, ключові слова. Резюме повинне бути зрозумілим без звертання до самої публікації включати актуальність проблеми, мету, методи дослідження, основні результати дослідження, висновки та конкретні пропозиції автора. Об'єм резюме 150-280 слів. З основними вимогами до «Резюме» можна ознайомитись на сайті *http://visbio.onu.edu.ua/about/submissions#authorGuidelines.*

3.3 Стаття повинна бути підписана автором (авторами).

4. МОВНЕ ОФОРМЛЕННЯ ТЕКСТУ: ТЕРМІНОЛОГІЯ. УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ, ПОСИЛАННЯ. ТАБЛИЦІ, СХЕМИ, МАЛЮНКИ

4.1. Автори несуть повну відповідальність за бездоганне мовне оформлення тексту, за правильну українську наукову термінологію (її слід звіряти за фаховими термінологічними словниками).

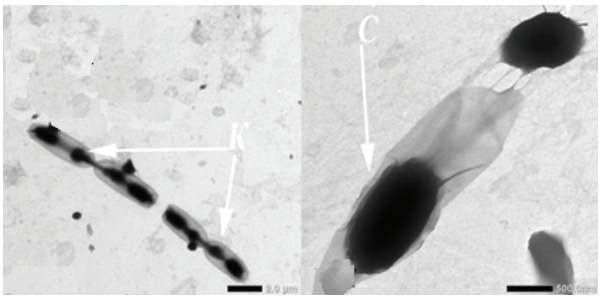
4.2. Латинські біологічні терміни (назви видів, родів) подаються обов'язково латиницею і курсивом. За першого вживання латинської назви у дужках слід обов'язково подати український відповідник назви.

4.3. Якщо часто повторювані у тексті словосполучення автор вважає за потрібне скоротити, то такі абревіатури за першого вживання наводять у дужках. Наприклад: селекційно-генетичний інститут (далі СГІ).

4.4. Посилання на літературу подаються у тексті статті, обов'язково у квадратних дужках, цифрами. Цифра в дужках позначає номер праці у «Списку використаної літератури». Назви праць у списку літератури розташовуються у алфавітному порядку і оформлюються за ГОСТ 7.1:2006 (див. «Бюлетень ВАК України, 2009, № 5, с 26-30).

4.5. Цифровий матеріал, по можливості, слід зводити у таблиці і не дублювати у тексті. Таблиці повинні бути компактними, мати порядковий номер; графи, колонки мають бути точно визначеними логічно і графічно. Цифровий матеріал таблиць повинен бути оброблений статистично. Матеріал таблиць (як і малюнків) повинен бути зрозумілим незалежно від тексту статті.

При об'єднанні декількох рисунків або фотографій в один рисунок рекомендується позначати кожен з них прописними літерами знизу. Наприклад:



а *б*

Рис. Кристали (а) та ендоспори (б) штаму Bacillus sp. ONU29, отримані методом електронної мікроскопії

4.6. Рисунки виконуються у програмах «Діаграма Microsoft Graph» або «Діаграма Microsoft Excel» та вставляються у текст. Кожна крива на рисунку повинна мати номер, зміст кривих пояснюється у підписах під рисунком. На осях абсцис і ординат рисунка зазначається лише величина, що вимірюється, і розмірність в одиницях СІ (%, мм, г і т.п.).

4.7. У розділі «Результати досліджень» (якщо цей розділ не поєднаний з «Аналізом результатів», див. 2.4) необхідно викласти лише виявлені ефекти без коментарів — всі коментарі та пояснення подаються в і результатів». При викладі результатів слід уникати повторення змісту таблиць та рисунків, а звертати увагу на найважливіші факти та певні закономірності, що з них випливають. Математичні (хімічні) формули виконуються засобами внутрішнього редактора формул «Microsoft Equal» і, при потребі, нумеруються.

4.8. У розділі «Аналіз результатів» необхідно показати причинно-результативні зв'язки між встановленими ефектами, порівняти отриману інформацію з даними літератури і наголосити на виявлених нових даних. При аналізі слід посилатися на ілюстративний матеріал статті. Аналіз має закінчуватися відповіддю на питання, поставлені у вступі.

Редколегія має право редагувати текст статей, рисунків та підписів до них, погоджуючи відредагований варіант з автором, а також відхиляти рукописи, якщо вони не відповідають вимогам «Вісника ОНУ. Біологія». Рукописи статей, що прийняті до публікування, авторам не повертаються.

5. ЛІТЕРАТУРА

Список літератури друкується мовою оригіналу відповідної праці. Назви праць у списку літератури розташовуються у алфавітному порядку і оформлюються за ГОСТ 7.1:2006

Додатково у електронному варіанті необхідно додати References оформлений згідно міжнародним стандартам за гарвардським стилем (BSI) на англійській мові. При оформленні російськомовного джерела іншою мовою після переведення джерела в [квадратних дужках] вказується транслітерування російського вихідного джерела в тих же рамках оформлення на англійську мову. Детальну інформацію та приклади можна отримати на сайті *http://visbio.onu.edu.ua/about/submissions#authorGuidelines.*

Приклади бібліографічних описань за ГОСТ 7.1:2006

Книги, монографії, атласи, словники

1. *Горячковский А. М.* Клиническая биохимия в лабораторной диагностике: [справочное пособие] / *А. М. Горячковский*. — Одесса: Екология, 2005. — 616 с.
2. *Эккерт Р.* Физиология животных. Механизмы и адаптация / Р. Эккерт, Д. Рэнделл, Дж. Огастин; пер. с англ. Н. Н. Алипова, М. И. Харченко. — Москва: Мир, 1992. — 344 с. — (Т. 2)
3. *Поздеев О. К.* Медицинская микробиология: учебник для ВУЗов / под ред. В. И. Покровского. — М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002. — 786 с.
4. *Определитель* высших растений Украины / Д. Н. Доброчаева, М. И. Котов, Ю. Н. Прокудин и др. — Киев: Наукова думка, 1987. — 548 с.

5. *Анатомія* пам'яті: атлас схем і рисунків провідних шляхів і структур нервової системи, що беруть участь у процесах пам'яті: посіб. для студ. та лікарів / О. Л. Дроздов, Л. А. Дзяк, В. О. Козлов, В. Д. Маковецький. — 2-ге вид, розшир. та доповн. – Дніпропетровськ: Пороги, 2005. — 218 с.
6. *Українсько*-німецький тематичний словник / [уклад. Н. Яцко та ін.]. — Київ: Карпенко, 2007. — 219 с.

Статті із журналів

1. *Андриевский А. М.* Онтогенетические особенности пептидгидролазной активности экстрактов тканей Drosophila melanogaster / А. М. Андриевский, С. В. Катаненко, В. Н. Тоцкий // Укр. биохим. журн. — 1982. — Т.5 4, № 5. — С. 519–524.
2. *Zhou S.* Drug bioactivation, covalent binding to target proteins and toxicity relevance / S. Zhou, E. Chhan, W. Duan, F. Newmen // Drug Metab Rev. — 2005. — Vol. 37 (1) — P. 41–213.

Збірки

1. *Андриевский А. М.*Спектр тканевых карбоксиэстераз в онтогенезе суслика крапчатого (*Spermophilus suslicus* Guld.) / А. М. Андриевский, Ю. Н. Олейник, В. А. Кучеров, А. С. Асманская // Генетика в современном обществе: науч. конф., 3–5 окт. 2004 г.: тезисы докл. — Харьков, 2004. — С. 12.
2. Селекция in vitro генотипов пшеницы с комплексной устойчивостью к фузариозу злаков / Е. А. Клечковская, С. А. Игнатова, А. И. Слепченко и др. // Биология клеток растений in vitro, биотехнология и сохранение генофонда: VII междунар. симп.: труды. — Москва, 2001. — С. 372.
3. *De Man J. C.* Cell transfer and Interferon Studies / J. C. De Man, M. Rogosa, M. E. Sharpe // Abstracts of the V International symposium of immunopharmacology,17–21 May 2004: proc. of conf, Quebec, 2004. — P. 31.

Дисертації, автореферати дисертації

1. *Олярник О. О.* Дослідження процесів перекисного окислення ліпідів та активності ферментів антиоксидантного захисту при цукровому діабеті: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня, канд. біол. наук: 03.00.04 «Биохимия» / О. О. Олярник. — К., 2007. — 17 с.
2. *Олярник О. О.* Дослідження процесів перекисного окислення ліпідів та активності ферментів антиоксидантного захисту при цукровому діабеті: дис… канд. біол. наук: 03.00.04 / Олексій Олексійович Орляник. — Київ, 2007. — 117 с.

Депоновані наукові роботи, патенти, авторські свідоцтво

1. *Рябушко Л. И.* Микрофитобентос Филлофорного поля Зернова. – Севастополь: Деп. в ВИНИТИ 11.07.91 г., № 2981. — В91, 1991. — 28 с.

2. *Патент* України СО7Д 243/24 ФС № 953812. Способ отримання 3-окси-7- бром- 5(орто-хлор)- бенздиазепина / И. И. Иванов; заявитель и патентообладатель Физико-химический институт им. А. В. Богатского. – № 19803; Заявл. 09.04.90; опубл. 22.06.92; НКИ 355/68. — 3 с.

Приклади бібліографічних описань за BSI

Книги

1. Horiachkovskii A. M. (2005) Clinical Biochemistry in laboratory diagnostics [Klinicheskaia biokhimiia v laboratornoi diahnostike], Odessa: Ecology, 616 p.

2. Dobrochaeva D. N., Kotov M. I., Prokudin Yu. N. (1987) The determinant of higher plants of Ukraine [Opredelitel visshih rastenii Ukrainy], Kiev, 548 p.

Книги під редакцією

3. Pozdeev O. K. (2002) Medical microbiology: a textbook for high schools. In editor: Pokrovskiy V. I. [Meditsinskaia microbiolohiia: uchebnik dlia VUZ], Moskva: GEOTAR-MED, 786 p.

Статті, збірки

4. Andrievskii A. M., Katanenko S. V., Totskii V. N. (1982) «Developmental features peptidgidrolazy activity of extracts of tissues *Drosophila melanogaster*» [«Ontoheneticheskie osobennosti peptidhidrolazonoi aktivnosti ekstraktov tkanei *Drosophila melanogaster*»], Ukr. biochemistri J, No 54, 5, pp 519-524.

5. Klechkovskaia E. A., Ihnatova C. A., Slepchenko A. I. (2010) «Selection of *in vitro* wheat genotypes with complex resistance to fusarium cereals», Biology of plant cells *in vitro*, biotechnology and the preservation of the gene pool, VII International Symposium [«Selektsiia in vitro henotipov pshenitsi s kompleksnoi ustoichivostiu k fuzariozu zlakov» Biolohiia kletok rastenii *in vitro*, biotekhnolohiia i sokhranenie henofonda], Moskow, p 372.

6. De Man J. C. (2004) «Cell transfer and Interferon Studies», Abstracts of the V International symposium of immunopharmacology, 17–21 May 2004: proc. of conf, Quebec, P. 31.

Дисертації, автореферати

7. Oliarnyk O. O. (2007) The study of lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes in diabetes [Doslidzhennia protsessiv perekysnoho okyslennia lipidiv ta aktyvnosti fermentiv antyoksydantnoho zakhystu pry tsukrovomu diabeti. dis…. kand. biol. nauk], Kiev, 117 p.

6. Зразок оформлення публікації

УДК 615.015.11:615.261.1:615.032

І. А. Кравченко[1,2], д-р біол. наук, професор
Б. В. Приступа[1], аспірант
А. О. Кобернік[1], канд. біол. наук, старший викладач
[1]Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра фармацевтичної хімії,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна. e-mail: koberni@mail.ru
[2]Фізико-хімічний інститут імені О.В. Богатського НАН України, Люстдорфська дорога, 86, Одеса, 65080.

ПРОТИЗАПАЛЬНА АКТИВНІСТЬ ЕСТЕРІВ ІБУПРОФЕНУ ПРИ ТРАНСДЕРМАЛЬНОМУ ВВЕДЕННІ

На моделі карагенін-індукованого запалення встановлено, що рівень протизапальної активності складних естерів ібупрофену з різною довжиною вуглеводневого ланцюга при їх трансдермальному введенні за показниками динаміки зміни ширини та об'єму осередку запалення не поступаються ефекту референт-препарату – мазі ібупрофену, а у випадку використання довголанцюгових естерів навіть перевищують його ефект.

Ключові слова*:* протизапальна активність, НПЗЗ, естери ібупрофену, карагенін, трансдермальне введеня.

... Текст вступу до статті
Матеріали та методи досліджень
Текст матеріалів та методів роботи
Результати та їх обговорення
Викладення результатів та їх аналіз
Висновки

Список використаної літератури

1. *Головенко Н. Я.* Биохимическая фармакология пролекарств / Н. Я. Головенко, И. А. Кравченко. – Одесса: Екологія, 2007. – 358 с.
2. *Morris C. J.* Carrageenan-induced paw edema in the rat and mouse / C. J. Morris // Methods Mol. Biol. – 2003. – V. 225. – P. 121.

И. А. Кравченко[1,2], Б. В. Приступа[1], А. А. Коберник[1]
[1]Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра фармацевтической химии
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина, e-mail: koberni@mail.ru
[2]Физико-химический институт имени А. В. Богатского НАН Украины,
Люстдорфская дорога, 86, Одесса, 65080

ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ИБУПРОФЕНА ПРИ ТРАНСДЕРМАЛЬНОМ ВВЕДЕНИИ

Резюме
В результате проведенного исследования было показано, что уровень противовоспалительной активности эфиров ибупрофена с разной длиной углеродной цепи при их трансдермальном введении по показателям динамики изменения объема очага воспаления не уступают эффекту референт-препарата – мази ибупрофена на модели карагенин-индуцированого воспаления. А в случае использования длинноцепочечных эфиров действуют лучше препарата сравнения.

Ключевые слова: противовоспалительная активность, эфиры, ибупрофен, каррагенин, трансдермальное введение.

I. A. Kravchenko[1,2], B. V. Prystupa[1], A. O. Kobernik[1]
[1]Odesa National Mechnykov University, Pharmaceutical Chemistry Department
2, Dvoryanska str., Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: koberni@mail.ru
[2]A. V. Bogatsky Physico-Chemical Institute of NAS Ukraine
86, Lustdorfska doroga, Odesa, 65080, Ukraine

ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY OF IBUPROFEN ESTERS BY TRANSDERMAL DELIVERY

Abstract
The goal of this study was to investigate the anti-inflammatory activity of ibuprofen esters ointment after their transdermal application on the model of carrageenan-induced inflammation in experimental animals. In this paper, we have studied the transdermal delivery of ibuprofen esters with methyl, ethyl, octyl and heptyl radicals. The anti-inflammatory activity was assessed on the basis of inhibition of paw edema induced by the injection of 0.2 ml of 0.2 % solution of carrageenan (an edematogenic agent) into the subplantar region of the hind paw of the rat. The ointments were consisted of PEG -1500, PEO -400 and 1,2- propylene glycol in the following proportions: 4 : 2: 3 and consisted 5 % of ibuprofen esters. For comparison, 5 % ibuprofen ointment (cream Dolhit) was used. Paw volumes were measured at the beginning of the experiment with a plethysmometer. As a result of the study, it was shown that the level of anti-inflammatory activity ointment with ibuprofen esters with different length of radical in transdermal delivery was not different from anti-

inflammatory activity of the commercial referent drug – ibuprofen ointment and in some cases, were more active.
We shown that the transdermal delivery of methyl, ethyl and heptyl esters of ibuprofen reduces the level of white blood cells in the blood of experimental rats to the level of physiological norm at the 4th day, after a significant level increase in the acute phase of inflammation.

Key words: anti-inflammatory activity, NSAIDs, ibuprofen esters, carrageenan, transdermal delivery.

Підписано до друку 16.06.2019 р. Формат 70×108/16. Ум. друк. арк. 12,6.
Тираж 100 прим. Зам. № 1925.

Видавець і виготовлювач
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.
65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12, Україна
Тел.: (048) 723 28 39
e-mail: druk@onu.edu.ua